



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica
2012/2013

Sarah Alexandra **Desenvolvimento de uma plataforma de mobilidade**
Ramos Almeida **individual sustentável**



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Mecânica
2012/2013

**Sarah Alexandra
Ramos Almeida**

**Desenvolvimento de uma plataforma de mobilidade
individual sustentável**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro, para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica do Doutor António Manuel Godinho Completo, Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, e do Professor Carlos Alberto Moura Relvas, professor auxiliar do departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

O júri

Presidente

Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho

Professora auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Arguente

Professor Doutor José Luís Soares Esteves

Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade do Porto

Vogais

Professor Doutor António Manuel Godinho Completo

Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas

Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a toda a minha família, especialmente aos meus pais por todo o apoio, motivação e por todos os conselhos e ensinamentos transmitidos durante a minha vida, assim como durante todo o meu percurso académico e especialmente nesta última fase.

Gostaria de agradecer aos Professor Doutor António Completo e ao Professor Doutor Carlos Relvas, meus orientadores, por todo o conhecimento transmitido, pela disponibilidade e orientação que me facultaram e por todo o apoio, dedicação e motivação que demonstraram ao longo deste trabalho.

A todos os que de uma forma direta ou indireta contribuíram e ajudaram para que fosse possível finalizar este trabalho, o meu obrigado.

Por último, gostaria de agradecer a todos aqueles que me acompanharam e fizeram parte do meu percurso académico, em especial aos meus amigos do coração que estiveram presentes nos bons e maus momentos, agradeço pela amizade, companheirismo e apoio incansável. Um grande obrigado por me fazerem crescer e crescerem comigo.

Palavras-chave

Desenvolvimento do Produto, Mobilidade Urbana, Sustentável, Conceção de Plataformas de Mobilidade

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo a conceção e desenvolvimento de uma plataforma de mobilidade urbana, como resposta aos problemas ambientais, económicos e de saúde pública causados pela forte tendência ao uso do transporte motorizado particular e reduzida utilização dos transportes públicos e coletivos. De forma a incentivar o uso de transporte de mobilidade urbana individual sustentável, o objetivo deste trabalho consistiu na criação de um conceito diferenciador relativamente aos produtos de mobilidade individual mais comuns, tal como a bicicleta, mas paralelamente essa diferenciação assentar num acréscimo de funções disponíveis para o utilizador. A plataforma desenvolvida procurou responder a uma solução de transporte individual para trajetos de curta/média distância, assim como para atividades de lazer, condicionamento físico. O processo de desenvolvimento da plataforma seguiu uma lógica estruturada de engenharia do produto, iniciando-se esta com uma análise de *benchmarking* às soluções existentes já no mercado, bem como a um inquérito online de forma a identificar e valorar as necessidades e preferências dos potenciais clientes desta plataforma. A partir desse ponto aplicou-se um conjunto de ferramentas, que tentaram sistematizar e hierarquizar a informação necessária à conceção e projeto da plataforma tais como: recolha e hierarquização das necessidades dos clientes, definição e seleção dos valores alvo das especificações técnicas da plataforma e estabelecimento da sua relação através da casa da qualidade (QFD) procedendo-se a sua interpretação com a identificação dos pontos críticos, pontos de conflito, áreas de oportunidade e esforço de engenharia inconsequente. Numa fase posterior procedeu-se ao desenvolvimento dos diferentes conceitos de produto para as diversas funções da plataforma, seguindo-se a seleção dos conceitos a desenvolver, procedendo-se à definição da arquitetura do produto e sua modularidade assim como o estabelecimento do *design* industrial. Aplicou-se as ferramentas de *design* robusto tais a análise de falha e efeito cliente (AMFE) e plano de experiência (DOE). Na fase final procedeu-se a modelação geométrica da plataforma e à análise estrutural dos seus principais componentes através do método de elementos finitos (MEF) e cálculo analítico. Finalmente procedeu-se a elaboração da documentação técnica com a realização dos desenhos de conjunto e montagem da plataforma. Em complemento procedeu-se a construção de uma maquete à escala para apresentação e promoção do conceito da plataforma.

Keywords

Product Development, Urban Mobility, Sustainable, Conception of mobility platforms

Abstract

The present work aimed at designing and developing a platform for individual urban mobility in response to environmental and public health problems caused by the strong trend towards the use of private motorized transport, and reduced use of public and collective transport. In order to encourage the use of sustainable transport of individual urban mobility, the goal of this work was the creation of a distinctive concept for products of most common individual mobility, such as the bicycle, but in parallel this differentiation based on a parallel increase of functions available for the user. The developed platform aimed at responding to an individual transportation solution for short / medium distance routes, as well as for leisure, physical activity and physical reconditioning activities. The development process of the platform followed a structured logic product engineering, starting with this benchmarking analysis of already existing solutions in the market, as well as an online survey to identify appraise the needs and preferences of potential customers for this platform. From this point we applied a set of tools which tried to systematise and prioritize the information needed to the connection and project of the platform such as: collection and prioritization of customers' needs, the definition and selection of the target values of the technical specifications of the platform and establishing its relationship through the House of Quality (QFD), following its interpretation with the identification of critical points, conflict points, opportunity areas and effort of inconsequential engineering. At a later stage we proceeded to the development of different product concepts for the various functions of the platform, followed by the selection of concepts to develop, proceeding to the definition of the product architecture and its modularity as well as the establishment of industrial design. We applied the robust design tools such as failure analysis and customer effect (AMFE) and experience plan (DOE). In the final step we proceeded to the geometric modelling platform and structured their major components through the finite element method (FEM) analysis and analytical calculation. Finally we proceeded to the preparation of the technical documentation with the completion of the set of drawings and assembly platform. In addition we proceeded to construct a scale model for the presentation and promotion of the concept of the platform.

Índice

Índice.....	i
Lista de Figuras.....	v
Lista de Tabelas.....	ix
Capítulo 1 : Introdução.....	1
1.1 Organização do documento	2
Capítulo 2 : Mobilidade urbana	3
2.1 Impacto da mobilidade em termos ambientais, económico e saúde	3
2.2 Modos Suaves.....	10
2.2.1 A bicicleta.....	12
2.2.2 O <i>skate</i>	13
2.2.3 Os patins	13
2.2.4 A trotineta	14
2.2.5 O triciclo.....	14
Capítulo 3 Análise Biomecânica, Antropometria e Ergonomia	19
3.1 Biomecânica da marcha.....	19
3.1.1 Fases e posições angulares dos membros envolvidos na marcha	19
3.1.2 Avaliação da força e binário desenvolvido pelos membros.....	23
3.2 Biomecânica do ciclismo	24
3.2.1 Fases e posições angulares dos membros envolvidos no ciclismo	24
3.2.2 Avaliação da força e binário desenvolvidos pelos membros.....	27
3.3 Antropometria	29
3.4 Ergonomia do ciclismo.....	33
Capítulo 4 Processo de desenvolvimento do produto	37
4.1 Benchmarking.....	37
4.2 Identificação das necessidades do cliente.....	40
4.2.1 Recolha das necessidades do cliente.....	41
4.2.2 Hierarquização das necessidades do cliente	46
4.2.3 Diagrama de Kano	48
4.3 Definição dos requisitos do produto	49

4.4 Casa da qualidade – Matriz QFD	50
4.4.1 Interpretação da matriz.....	55
4.5 Geração de conceitos da plataforma.....	56
4.5.1 Patentes.....	56
4.5.2 Decomposição de funções.....	58
4.5.2.1 Árvore de classificação de conceitos.....	59
4.5.3 Conceito 1.....	60
4.5.4 Conceito 2.....	62
4.5.5 Conceito 3.....	63
4.5.6 Seleção de conceitos.....	66
4.5.6.1 Função locomoção.....	66
4.5.6.2 Função direção.....	67
4.5.6.3 Função Velocidade	67
4.5.6.4 Função segurança.....	68
4.5.6.5 Função conforto	69
4.5.7 Conceito selecionado.....	69
4.6 Arquitetura da plataforma	72
4.6.1 Módulos.....	73
4.6.2 Plano de diferenciação	74
4.7 Design industrial.....	74
4.7.1 Versão normal.....	75
4.7.2 Versão de arrumação e transporte	77
4.7.3 Versão elétrica	79
4.7.4 Versão <i>indoor</i> (interior).....	81
4.8 Especificações finais do produto	82
4.9 Protótipos	84
4.9.1 Protótipos virtuais	85
4.9.2 Protótipo físico.....	87
4.10 Design robusto	91
4.10.1 Plano de experiências – DOE.....	91
4.10.2 Análise de modo de falhas e efeito – AMFE	93
4.11 Estimação da quantidade vendida	97
4.12 Análise de custos.....	97
4.12.1 Componentes standardizados.....	98
4.12.2 Componentes para fabrico	99
4.12.3 Custos de montagem	100
4.12.4 Custo total	100
Capítulo 5 Projeto e dimensionamento mecânico	103

5.1 Dimensionamento do sistema de transmissão	103
5.1.1 Dimensionamento da corrente	103
5.1.2 Cálculo das forças aplicadas no braço elíptico.....	105
5.2 Análise estrutural do quadro por métodos dos elementos finitos	107
5.2.1 Materiais e métodos	107
5.2.2 Resultados e discussões.....	112
5.3 Desenhos técnicos.....	116
Capítulo 6 Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.....	117
Bibliografia	119
Anexo I	122
Anexo II	124
Anexo III.....	133
Anexo IV.....	138

Lista de Figuras

Ilustração 1 - Principal modo de transporte; a) na EU27; b) em Portugal (Euro barómetro, 2010)	4
Ilustração 2 - Repartição do consumo energético final por sectores ([25] European Comission, 2011).	5
Ilustração 3 - Contribuição do sector dos transportes para as emissões de GEE ([34] European Environment Agency, 2011)	5
Ilustração 4 - Evolução das emissões do transporte rodoviário na Europa ([24] European Comission in The auto-oil II programme, 2000)	6
Ilustração 5 - Carro híbrido a ser carregado num posto próprio	8
Ilustração 6 - Movimento mobilidade sustentável disponível nas cidades; a) Beja [<i>Fonte: Câmara Municipal de Beja</i>]; b) Porto [<i>Fonte: Universidade do Porto</i>]; c) Aveiro [<i>Fonte: Moveaveiro</i>]	8
Ilustração 7 - Bicicleta elétrica dobrável	12
Ilustração 8 - Nova geração de <i>skates</i> ; a) Elétrico [<i>Fonte: Gingabike, 2012</i>]; b) Gasolina [<i>Fonte: Mercado livre, 2013</i>]	13
Ilustração 9 - Patins elétricos	13
Ilustração 10 - Nova geração de trotinetas; a) Gasolina [<i>Fonte: Loja das trotinetes, 2013</i>]; b) Elétrica [<i>Fonte: Shop Mania, 2013</i>]	14
Ilustração 11 - Triciclos; a) Elétrico [<i>Fonte: Bike moto, 2013</i>]; b) dobrável [<i>Fonte: Geek chic, 2007</i>]	14
Ilustração 12 - Modelo Sprinter 3r	15
Ilustração 13 - Modelo ElliptiGo 3C	15
Ilustração 14 - Modelo Work it da 3G stepper bike	16
Ilustração 15 - Modelo saber da <i>zike bike</i>	16
Ilustração 16 - Modelo Majestic	17
Ilustração 17 - Ciclo de marcha	20
Ilustração 18 - Ciclo de marcha realizado pelo pé direito	21
Ilustração 19 - Força de reação do quadril, do joelho e do tornozelo	23
Ilustração 20 - Momentos exercidos durante o ciclo de marcha do tornozelo do joelho e do quadril, respetivamente [<i>Fonte: [45] Lewis & Ferris, Jornal of Biomechanics 2008</i>]	23
Ilustração 21 - Ciclo de pedalada e fases	25
Ilustração 22 - Representação eletromiográfica das funções musculares durante o ciclo de pedalada	26
Ilustração 23 - Representação eletromiográfica da atividade muscular durante o ciclo de pedalada	26
Ilustração 24 - Forças exercidas no ciclo de pedalada	27
Ilustração 25 - Medidas consideradas na posição em pé	30
Ilustração 26 - Medidas consideradas na posição sentado	30
Ilustração 27 - Altura entre pernas (medida do cavalo)	33
Ilustração 28 - Altura do selim	33
Ilustração 29 - Posturas correctas no ciclismo; a) Postura das costas; b) orientação do selim	34
Ilustração 30 - Posicionamento correto do pé no pedal	34
Ilustração 31 - Ângulos para uma postura ergonómica dos diferentes tipos de ciclismo	35
Ilustração 32 - Inquérito disponibilizado <i>online</i>	41
Ilustração 33 - Respostas alusivas ao grau de importância de algumas características	45

Ilustração 34- Matriz de relações entre os requisitos do cliente e especificações do produto.....	50
Ilustração 35 - Avaliação competitiva e argumentos de venda.....	51
Ilustração 36 - Matriz de correlações entre os requisitos do produto.....	52
Ilustração 37 – Análise da concorrência dos requisitos do projeto	53
Ilustração 38 - Quantificação dos requisitos do projeto.....	53
Ilustração 39- Patente USD638485	57
Ilustração 40 - Patente USD638485	57
Ilustração 41 - Patente USD513629	57
Ilustração 42 - Conceito 1	61
Ilustração 43 - Transmissão do conceito 1.....	61
Ilustração 44 - Modo de locomoção – pernas.....	62
Ilustração 45 - conceito 2	62
Ilustração 46 - Conceitos elaborados para o banco.....	63
Ilustração 47 - Conceitos para o sistema de ajuste de altura do banco	63
Ilustração 48 - Conceito 3	64
Ilustração 49 - modo de locomoção pernas e braços.....	64
Ilustração 50 - Direção conceito 3	65
Ilustração 51 - Transmissão conceito 3	65
Ilustração 52 - Conceito de dobragem para arrumação	66
Ilustração 53 - Sistema de transmissão	70
Ilustração 54 - Fixação do banco.....	70
Ilustração 55 - Junta dobrável.....	71
Ilustração 56 - Sistema de travagem.....	71
Ilustração 57 - Tipo de locomoção	72
Ilustração 58 – mudanças	72
Ilustração 59 - Primeiro protótipo visual, versão estrutura inclinada	76
Ilustração 60 - Primeiro protótipo visual, estrutura normal	76
Ilustração 61 - Simulação do movimento efetuado na utilização da plataforma	77
Ilustração 62 - Processo de dobragem e configurações em arrumação	78
Ilustração 63 - Configuração da plataforma em arrumação e transporte	79
Ilustração 64 - Dimensões em configuração de transporte	79
Ilustração 65 - Esquema de adaptação do <i>kit</i> a uma bicicleta	80
Ilustração 66 - Esquema dos componentes integrados numa bicicleta	80
Ilustração 67 - Primeiro protótipo versão elétrica	81
Ilustração 68 – Rolo de treino	81
Ilustração 69 - Primeiro protótipo visual da versão <i>indoor</i>	82
Ilustração 70 - Medidas do quadro de uma bicicleta de competição.....	83
Ilustração 71 - Dimensões definidas para o quadro da plataforma	84
Ilustração 72 - Protótipo visual da estrutura	85
Ilustração 73 - Protótipos visuais (cores)	85
Ilustração 74 - protótipo visual componentes extra	86
Ilustração 75 - Protótipo visual na versão <i>indoor</i>	86
Ilustração 76 – ângulo e postura adequado para a plataforma (correspondente à bicicleta citadina)	87
Ilustração 77 - Uso da plataforma para um individuo feminino com percentil médio 50º	87
Ilustração 78 - Material para construção do protótipo físico.....	88
Ilustração 79 - Peças do protótipo	88
Ilustração 80 -Maquete em configuração de utilização	89
Ilustração 81 - Estrutura dobrada	90
Ilustração 82 - Configuração de transporte e arrumação	91
Ilustração 83 - Esquema DOE.....	92
Ilustração 84 - Componentes standardizados	98
Ilustração 85 - Corrente de rolos simples.....	103

Ilustração 86 - Esquema de forças aplicado no braço	105
Ilustração 87 - Esquema de forças para o cálculo das reações	106
Ilustração 88 - Geometria da estrutura principal para análise	108
Ilustração 89 - Geometria do braço elíptico para análise	109
Ilustração 90 - Elemento tetraédrico de 10 nós	110
Ilustração 91 - Malha de elementos finitos e condições de carga definido para o quadro	111
Ilustração 92 - Malha de elementos finitos e condições de carga definido ara o braço elíptico	111
Ilustração 93 - Deslocamento dos nós para o quadro	112
Ilustração 94 - Simulação numérica do quadro.....	113
Ilustração 95 - Concentração de tensões na zona de encaixe do eixo traseiro.....	113
Ilustração 96 - Concentração de tensões na zona superior da parte frontal do quadro	114
Ilustração 97 - Concentração de tensões na zona de encaixe dos elementos da pedaleira	114
Ilustração 98 - Deslocamento dos nós do braço elíptico	115
Ilustração 99 - Simulação numérica do braço elíptico	115
Ilustração 100 - Concentração de tensões	116

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Problemas causados pela poluição mediante o tipo de exposição ([18] Samuel Branco, 2004)....	9
Tabela 2 - Potenciais impactos das várias estratégias de gestão integrada da mobilidade ([46] Todd Litman, 2012).....	11
Tabela 3- Funções dos principais músculos inferiores no ciclismo ([29] Di Alencar, Matias, & Oliveira, 2010).....	24
Tabela 4 - Dimensões antropométricas consideradas ([6] Pedro Arezes, 2006)	29
Tabela 5 - Valores da média, desvio-padrão e percentis dos dados antropométricos da população masculina (Arezes, 2006).....	31
Tabela 6 - Valores da média, desvio-padrão e percentis das dimensões da população feminina ([6] Pedro Arezes, 2006).....	32
Tabela 7 - <i>Benchmarking</i> alusivo as bike stepper.....	37
Tabela 8 - <i>Benchmarking</i> alusivo as zike stepper	38
Tabela 9 - <i>Benchmarking</i> de bicicletas elípticas	39
Tabela 10 - Análise de <i>benchmarking</i> de plataformas de mobilidade com base no exercício do step	39
Tabela 11 - <i>Benchmarking</i> de bicicletas elétricas.....	40
Tabela 12 - Necessidades recolhidas através do inquérito.....	43
Tabela 13- definição dos requisitos e sua designação.....	46
Tabela 14- Necessidades do cliente hierarquizadas	48
Tabela 15 - Principais especificações do produto e suas grandezas.....	49
Tabela 16- Valores alvo das especificações.....	53
Tabela 17 - Matriz de seleção para o tipo de locomoção.....	67
Tabela 18 - Matriz de seleção para o sistema de direção.....	67
Tabela 19 - Matriz de seleção para a velocidade	68
Tabela 20 - Matriz de seleção para o seletor de velocidades	68
Tabela 21 - Matriz de seleção para o sistema de travagem.....	68
Tabela 22 - Matriz de seleção para o banco	69
Tabela 23 - Valores finais das especificações.....	82
Tabela 24 - Fatores DOE	92
Tabela 25 - Plano de experiência	93
Tabela 26 - Avaliação do desempenho	93
Tabela 27 - AMFE resposta aos requisitos de cliente	94
Tabela 28 - AMFE componentes.....	95
Tabela 29 - AFME utilização.....	96
Tabela 30 - Componentes estandardizados	98
Tabela 31 - Elementos para o quadro.....	99
Tabela 32 - Elementos para os braços.....	99
Tabela 33 - Estimativa dos tempos de montagem	100
Tabela 34 - Custo total de produção.....	101
Tabela 35 - Componentes opcionais.....	101

Tabela 36 - Valor das versões disponibilizadas	101
Tabela 37 - Valores normalizados para dimensionamento da corrente	104
Tabela 38 - Propriedades mecânicas dos materiais	109

Capítulo 1 : Introdução

Com o constante crescimento da população mundial nas últimas décadas desencadeou-se uma notória evolução no consumo energético, sendo que os combustíveis fósseis dominam o consumo de energia total. No entanto este consumo energético é subdividido em vários sectores, nomeadamente a agricultura, a indústria, os transportes e por fim o alojamento e serviços. O consumo energético mais elevado está entre o sector dos transportes e o alojamento/serviços, sendo a agricultura e a indústria os que menos exigem consumo energético quando comparado aos outros dois sectores, esta diferença ainda é bastante significativa. Esses valores são resultado do desenvolvimento económico que veio desencadear uma evidente evolução em infraestruturas e urbanização de muitas cidades.

Este tipo de soluções ligadas à mobilidade incentivaram o uso de transporte individual o que tem vindo a contribuir negativamente para os problemas de mobilidade dentro dos centros urbanos. Esses problemas têm vindo a crescer cada vez mais, tendo repercussões graves para o meio ambiente e para a saúde e bem-estar da população.

Desta forma é correto dizer que para viagens curtas ou de média distância existe uma grande cadência para o uso de transporte individual, que por norma se traduz no uso do automóvel, sendo que, muitas vezes a distância a percorrer para realização destas viagens é de 15 a 20 quilómetros, não se justificando o uso do automóvel como meio de transporte. Assim, introduz-se a alternativa do transporte público ou coletivo para a realização do trajeto, o que muitas vezes não exclui o uso do automóvel como forma de deslocação até à zona onde se encontram os mesmos. Nesse sentido torna-se imprescindível dar ao cidadão outras alternativas que possam ser sustentáveis para o ambiente e sejam um meio de garantir a sua deslocação de forma segura nos percursos não garantidos pelos transportes convencionais.

O objetivo do presente trabalho, inserido na área temática de desenvolvimento de produto, é a conceção e desenvolvimento de uma plataforma de mobilidade individual sustentável, vocacionada para a utilização durante o trajeto entre o transporte público e o local de trabalho/casa, garantindo uma solução de mobilidade integral num trajeto urbano/suburbano.

A plataforma desenvolvida para além de se integrar numa mobilidade inteiramente sustentável, deverá apresentar características que possam permitir e garantir utilidade para jovens ou pessoas com idade mais avançada. Na perspetiva dos mais jovens e de forma a se tornar mais apelativa para a sua utilização, esta deverá proporcionar usabilidade em termos de lazer mas também de desporto. No caso dos utilizadores com uma idade mais avançada a plataforma deverá permitir a realização de atividades de lazer, mas também, de exercícios físicos de manutenção.

A solução tecnológica e de *design* para a plataforma de mobilidade a desenvolver passará por todas as fases associadas à conceção e desenvolvimento de um novo produto segundo as metodologias atualmente estabelecidas.

Este trabalho começará pelo enquadramento do problema da mobilidade individual em termos económicos, ambientais e na saúde. De seguida proceder-se-á à atividade de “*Benchmarking*”, onde

serão identificadas todas as plataformas disponíveis no mercado, assim como será realizada uma análise biomecânica associada às diferentes formas de mobilidade individual. Adiante serão identificadas quais as necessidades dos potenciais clientes a ter em consideração no desenvolvimento da plataforma de mobilidade. Através das necessidades identificadas serão definidas quais as especificações técnicas para a plataforma. Posteriormente serão gerados, selecionados e testados os conceitos. Concluída esta tarefa será estabelecida a arquitetura da plataforma de mobilidade. Após a definição do *design* industrial será realizado o projeto mecânico detalhado. Por fim, numa fase final será realizado um protótipo modelo, à escala, da solução encontrada.

1.1 Organização do documento

O desenvolvimento de um produto enquadra-se numa sequência de processos e operações, assim o documento encontra-se organizado em 8 capítulos, em função das diferentes fases de processo e desenvolvimento da plataforma de mobilidade.

Após uma introdução ao tema, que é feita no capítulo 1, segue-se o capítulo 2, no qual é feito o enquadramento do projeto no âmbito da mobilidade urbana na sociedade atual, realçando quais os impactos e efeitos que o sector dos transportes provoca no domínio económico, ambiental e de saúde pública. É de igual forma realizado um estudo dos apoios prestados e das soluções para a mobilidade urbana sustentável existentes atualmente.

No capítulo 3, procedeu-se à análise biomecânica de atividades físicas, nomeadamente a marcha e o ciclismo. Dentro desta análise foram comparadas as solicitações dos membros superiores e inferiores em cada uma das atividades referidas, em termos de músculos ativados, amplitudes angulares, forças e binários resultantes do movimento, de modo a avaliar a viabilidade da proposta da plataforma de mobilidade. Foi, também realizado um levantamento de dados antropométricos alusivos à população portuguesa para correta modelação do produto proposto.

No capítulo 4, procedeu-se à aplicação de todo o processo de projeto e engenharia do produto, correspondendo este capítulo ao trabalho principal desta tese. Neste capítulo realizou-se um estudo de mercado (Benchmarking), assim como a identificação, interpretação, hierarquização e avaliação das necessidades dos potenciais clientes. Seguidamente foram definidas as especificações técnicas para a plataforma, que foram combinadas com os requisitos do cliente na matriz casa da qualidade. Neste capítulo, foram também, desenvolvidos modelos técnicos para as diferentes funções, seguido de uma avaliação e clarificação destas procedeu-se à fase conceptual do produto, esta fase abrange a geração, seleção e testes de conceitos da plataforma de mobilidade. De seguida definiu-se a arquitetura do produto, assim como, o seu plano de diferenciação e *design* industrial. Após modelação 3D, foram elaborados protótipos virtuais, numa fase final do processo de projeto e engenharia do produto foram definidos planos de experiências e análise de modo de falhas e efeito no cliente no âmbito do *design* robusto.

No capítulo 5, procedeu-se ao trabalho de projeto e dimensionamento detalhado da plataforma com os desenhos de conjunto, montagem e definição, assim como ao dimensionamento estrutural de alguns elementos da plataforma, nomeadamente a transmissão de movimento e estrutura do dispositivo, esta análise fundamentou-se com recurso a *software* de elementos finitos e cálculo analítico.

Seguem-se, no capítulo 6 as conclusões e algumas sugestões para trabalhos futuros.

Por último apresenta-se a bibliografia consultada (capítulo 7) para elaboração desta dissertação e os anexos, no capítulo 8.

Capítulo 2 : Mobilidade urbana

Entende-se por mobilidade urbana os processos e ações que permitem a fácil deslocação de pessoas e bens. A necessidade de deslocação pode ser espontânea ou natural dependendo dos motivos que gerem esses deslocamentos (trabalho, lazer, compras, etc.) desta forma, ter mobilidade é a possibilidade de se locomover para o lugar pretendido podendo recorrer a diversos meios de transportes. Os meios de transporte para deslocação classificam-se por modos motorizados (transportes públicos/coletivos e transporte individual) e modos não motorizados, também conhecidos por modos suaves.

A mobilidade tem vindo a crescer exponencialmente nas últimas décadas, principalmente nas zonas urbanas, em consequência do desenvolvimento económico e social, oferecendo e disponibilizando meios e infraestruturas para o deslocamento de bens e dos cidadãos. Hoje em dia vivemos num mundo onde a mobilidade urbana é centralizada no uso do transporte individual e quase inutilização dos transportes coletivos, contribuindo assim para o aumento da poluição atmosférica, nível de ruído e agravamento da sustentabilidade energética. Visto tal, surge a necessidade de promover e adaptar uma mobilidade urbana sustentável que para além de satisfazer a necessidade de deslocação de bens e pessoas, esta promova a inclusão social, a acessibilidade, a diminuição de acidentes e controlo de poluição.

A mobilidade urbana sustentável cinge-se por um conjunto de políticas de deslocação e transporte de indivíduos proporcionando, assim, o acesso amplo e demográfico aos seus utilizadores, dando priorização aos modos de transportes coletivos e não motorizados. Tendo em conta o contexto de mobilidade urbana, esta só pode ser assegurada quando é garantido o percurso total, isto é, desde o ponto de partida até ao local onde se pretende estar. No entanto nem todos os meios de transporte garantem efetuar o percurso total sem existir necessidade de transbordos e/ou necessidade de recorrer a outro meio de transporte (por norma transporte individual) para realização do trajeto completo. Nesse sentido torna-se necessária a utilização de plataformas de mobilidade complementares que permitem realizar a deslocação dos percursos não assegurados pelos transportes convencionais.

2.1 Impacto da mobilidade em termos ambientais, económico e saúde

A mobilidade Urbana sendo a necessidade ou vontade de deslocamento de bens e pessoas, requer meios de locomoção para o realizar. No entanto a mobilidade teve eras distintas, com o seu início nas deslocações pedonais nas antigas cidades com pouco mais do que 5 km de diâmetro, até 1920, quando surgiu a produção em massa da Ford, a partir daí o automóvel ganhou a capacidade de se massificar como meio de transporte individual, mas também como meio de transporte familiar, podendo transportar até cinco passageiros. Esta evolução teve vários efeitos, a redução significativa do incómodo de percorrer grandes distâncias, o que em conjunto com o desenvolvimento de rede rodoviária, permitiu a suburbanização das áreas urbanas assim como provocou uma mudança geográfica, aumentando, desta forma, a movimentação não só de passageiros, mas também de mercadorias. Mas toda esta evolução

acabou por, a longo prazo, tornar-se um problema na mobilidade urbana devido a centralização no uso do automóvel particular para deslocações de curta distância, o que provocou um aumento de poluição, extinção dos combustíveis fósseis, elevada ineficiência energética, grande ocupação de espaço nas vias públicas assim como a dificuldade para uso de outros tipos de transportes.

Como foi referido anteriormente, hoje em dia são vários os tipos de transportes utilizados para mobilidade individual, nomeadamente, os transportes públicos e coletivos (autocarro, comboio, metro e táxi), o transporte individual motorizado (particular) e, por fim, os meios de deslocação com velocidade reduzida denominados de modos suaves (transportes não motorizados tal como a bicicleta, patins, trotineta, skate ou marcha). No entanto vivemos numa sociedade onde a mobilidade urbana tem-se centrado cada vez mais no uso do transporte individual o que tem afetado negativamente os restantes sectores dos transportes.

De acordo com os dados do Euro barómetro sobre a política dos transportes (2010) é notória a predominância do uso do transporte particular relativamente aos restantes (Ilustração 1).

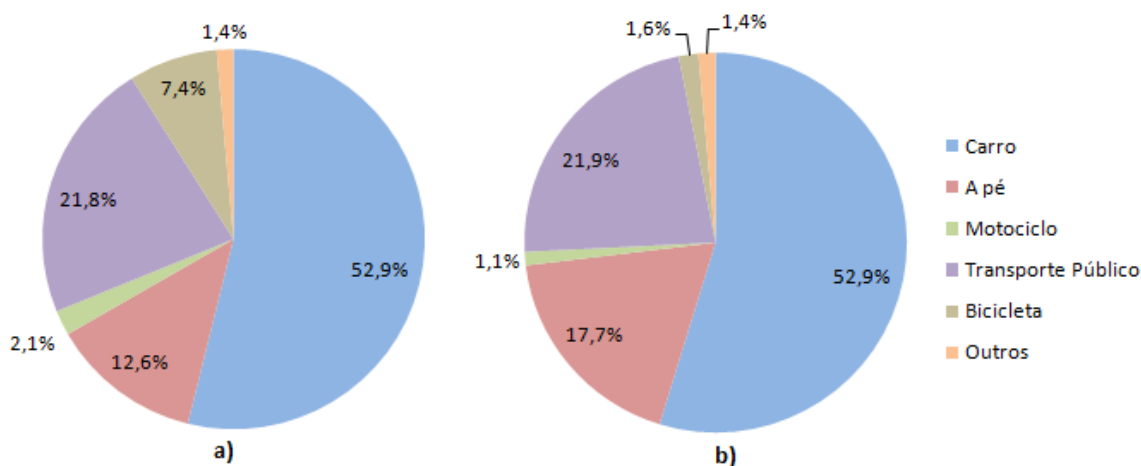


Ilustração 1- Principal modo de transporte; a) na EU27; b) em Portugal (Euro barómetro, 2010)

Estes valores podem ser facilmente traduzidos pelo conforto, flexibilidade e facilidade que o transporte particular oferece face aos transportes públicos e coletivos ou até mesmo dos modos suaves. Cada vez mais o automóvel é considerado como um bem imprescindível para o cidadão. Em contrapartida este bem não é uma forma de mobilidade sustentável e tem vindo a trazer cada vez mais problemas na visão geral da mobilidade e de saúde. De forma a integrar e promover uma mobilidade urbana sustentável é necessário reprimir o uso do TI (transporte individual) e incentivar a população a recorrer aos TC/TP (transportes coletivos/públicos) para satisfazer as suas necessidades de locomoção.

Mesmo assim os hábitos de consumo de energia mudaram radicalmente na última década, atualmente os Portugueses já gastam mais energia nos transportes individuais do que no alojamento. Segundo a comissão Europeia o sector dos transportes consome cerca de 32% da energia total, como demonstra a (Ilustração 2).

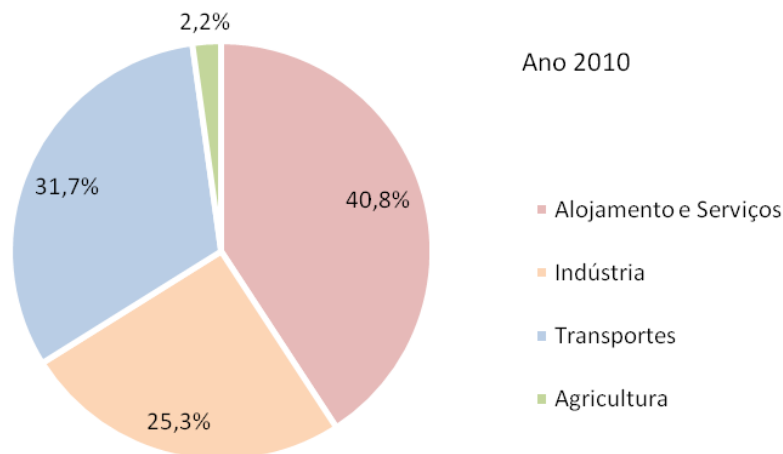


Ilustração 2 - Repartição do consumo energético final por sectores ([25] European Comission, 2011).

Impacto ambiental

A sociedade tem vindo a deparar-se com um grande problema a nível ambiental, são cada vez mais evidentes as repercussões que a mão humana tem sobre o aumento dos gases efeito de estufa (GEE) seja de forma direta ou indireta, sendo que o consumo energético, referido anteriormente, também contribui em grande parte para tal. O constante aumento dos GEE causam, consequentemente o aumento da capacidade da atmosfera para absorver radiação infravermelha, alterando a forma como o clima mantém o balanço entre a energia que chega e a que sai da Terra, podendo provocar efeitos desastrosos no clima Terrestre (degelo dos glaciares, proliferação de doenças, escassez da água, alteração dos monções, quebras de safras agrícolas, mais furacões, etc. ...).

Nos últimos tempos apostou-se em campanhas de sensibilização acerca da reciclagem, mas é necessário entender que existem outras formas de diminuir a poluição atmosférica através da diminuição dos poluentes emitidos pelos gases de escapes dos automóveis, que contribuem com cerca de 24% da emissão de GEEs, (Ilustração 3). A verdade é que apesar de existirem imensos progressos e investigações na produção de novos combustíveis, a tecnologia por si não basta. Existe uma grande necessidade de sensibilizar a população nos seus hábitos quotidianos e sobre a forma como é praticada a condução dos veículos. A ilustração 3 demonstra a repartição da percentagem dos gases efeitos de estufa emitidos pelo sector dos transportes, de notar que sector dominante é o rodoviário.

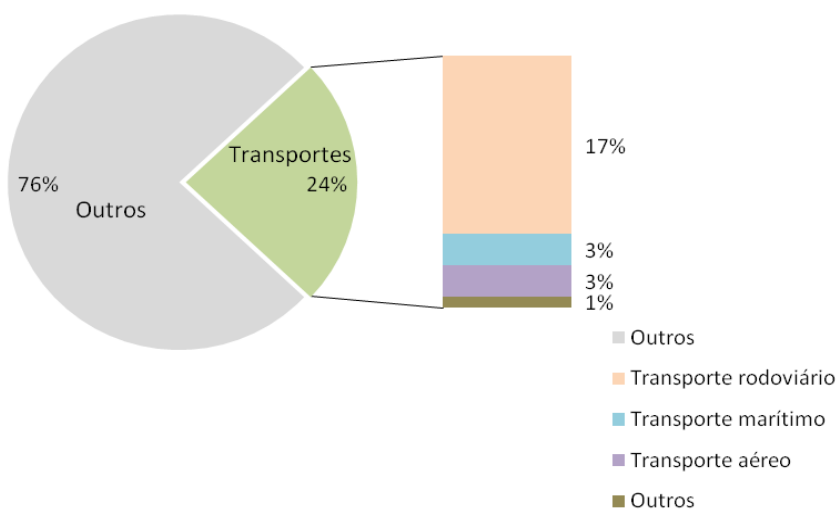


Ilustração 3 - Contribuição do sector dos transportes para as emissões de GEE ([34] European Environment Agency, 2011)

Para além dos gases efeito de estufa, existe outro tipo de consequência resultante do impacto da energia e aumento do uso do automóvel, os poluentes atmosféricos. Estes podem ser globais ou locais, destacando-se o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e os perfluorcarbonetos (CFC's) como sendo poluentes globais e o óxido de azoto (NO_x), o monóxido de carbono (CO), os hidrocarbonetos (HC), o benzeno (C₆H₆), o dióxido de Enxofre (SO₂), as partículas (PM) e por fim os compostos orgânicos voláteis (VOC) como sendo os poluentes locais. Dentro dos poluentes locais o óxido de azoto e as partículas são predominantes nos veículos movidos por gasóleo e os hidrocarbonetos e o monóxido de carbono pelos veículos a gasolina. Com o passar do tempo tem havido uma redução dos poluentes locais devido aos avanços tecnológicos implementados nos novos veículos, como é visível na Ilustração 4. Os dados apresentados são referentes ao ano 2009.

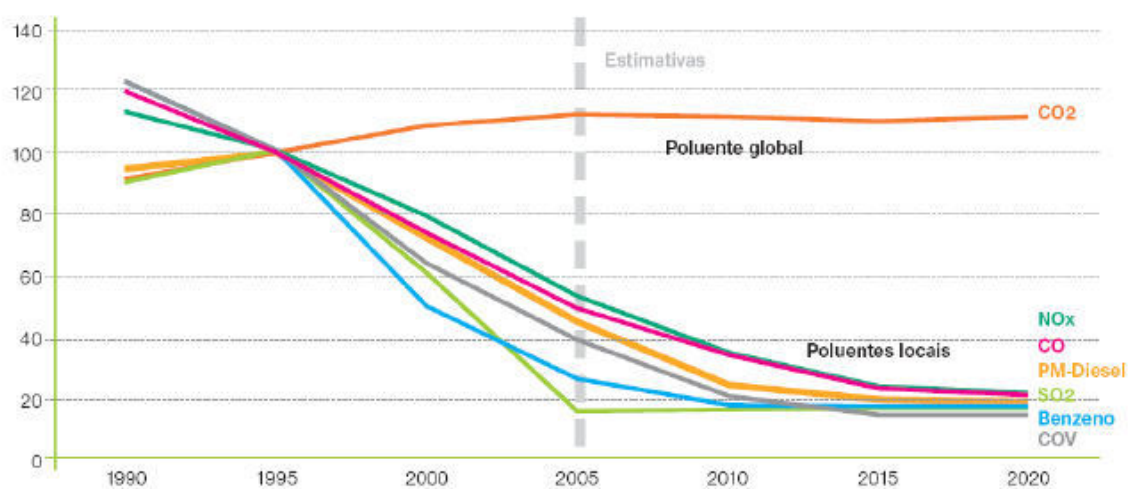


Ilustração 4 - Evolução das emissões do transporte rodoviário na Europa ([24] European Commission in The auto-oil II programme, 2000)

Uma vez que os automóveis têm grande peso sobre a emissão de poluentes há que analisar quais as alternativas mais vantajosas para a redução da mesma. Para tal é necessário identificar qual o meio de transporte menos poluente relativamente a quantidade de passageiros transportados. Considerando que, por norma, o automóvel quando se trata de deslocações casa trabalho e vice-versa, transporta apenas um passageiro este é um meio de transporte ineficiente para o ambiente relativamente a um autocarro ou a um comboio cheios pois estes acabam por emitir muito menos poluentes por passageiro. Nesse sentido surge a necessidade de sensibilizar e advertir a sociedade que para reduzir as emissões de poluentes e melhorar a qualidade do ar é preciso tomar uma atitude diferente e optar uma solução mais sustentável para o meio ambiente.

Nos centros metropolitanos existe uma forte tendência para convergências de veículos o que para além de gerar congestionamento, provocando, assim, uma concentração de emissão de poluente, gera também um aumento de ruído, poluição sonora, que pode chegar até aos 85dB numa rua muito movimentada. Como resposta a este problema, muitos centros metropolitanos adotaram políticas de mobilidade urbana que restringem e/ou penalizam o acesso de alguns automóveis ao centro da cidade, Lisboa adotou a política Z.E.R, zona de emissões reduzidas, que consiste na restrição de acesso aos automóveis anteriores ao EURO 1 em algumas zonas da cidade (onde é visível um sinal com estas siglas). Em contraste existem cidades um pouco mais agressivas no que toca a poluição, por exemplo Londres, esta cidade, ao contrário de Lisboa, não restringe o acesso ao centro da cidade, mas penaliza, taxando os

automóveis (TI) que não sejam cem por cento ecológicos, isto é, que não sejam híbridos e/ou elétricos, esta política implementada denomina-se por “congestion charging”.

Impacto económico

A mobilidade urbana tem vindo a contribuir de várias formas a nível económico para o país, no seu crescimento inicial, esta veio proporcionar grandes oportunidades a nível nacional, desde a especialização geográfica permitindo assim, a uma determinada região ou área a capacidade de focar os seus recursos num determinado tipo de produção, aumentando desta forma a eficiência do processo e por isso o seu valor acrescentado, bem como a possibilidade de produção e distribuição em grande escala (essencial ao aumento de margens de produção), o que consequentemente, provocou o aumento da competitividade nas oportunidades de negócio e eficiência de transportes proporcionados, por fim, a mobilidade também facultou um aumento do valor territorial.

No entanto o constante crescimento urbano tornou-se desordenado, a motorização crescente e o declínio dos transportes públicos estão a comprometer a sustentabilidade da mobilidade urbana e por consequência a eficiência da economia das grandes cidades. A construção e alargamento de vias não se tornam uma solução viável para os problemas existentes nos centros metropolitanos, pelo contrário irão contribuir para um aumento da taxa de veículos motorizados, e consequentemente para o aumento de congestionamentos, poluição atmosférica e sonora e perda de tempo de qualidade no trabalho e rendimento das empresas. De referir que os congestionamentos são um problema com grande peso a nível económico, tendo como consequências perda de tempo produtivo, atrasos nas distribuições de mercadorias ao comércio e a uma perda de cerca de 500 mil milhões de euros anuais em países desenvolvidos.

A verdade é que para além da própria mobilidade se ter tornado economicamente insustentável, ainda vivemos numa era de grande dependência do petróleo, o que tem vindo a contribuir negativamente devido a fatores como esta não ser uma fonte de energia renovável, ser escasso e com tendência a grandes oscilações na procura e na oferta, atingido, desta forma, valores bastantes elevados ao longo dos últimos tempos. Recentemente foram conseguidos alguns avanços para a criação de alternativas sustentáveis como tentativa de resolução para esta dependência. As investigações e o crescimento tecnológico permitiram chegar às energias renováveis como fonte de energia, este grande avanço tecnológico tem sido uma grande aposta assim como tem servido de base para a produção de automóveis movidos através de propulsão elétrica e híbrida.

Este tipo de mobilidade tem vindo a ser desenvolvida durante alguns anos, atualmente muitas marcas de automóvel tem desenvolvido e disponibilizado no mercado esta tecnologia. De forma a incentivar a população a associar-se a este movimento green tem sido proporcionado apoio político para a aquisição destes veículos, tal como *a dedução à coleta, em sede de impostos sobre o rendimento das pessoas singulares, de 30% dos encargos com limite de 796€ das importâncias despendidas e a isenção total do imposto sobre veículos*, (lei nº64-A/2008), ([49]). Portugal passa assim, a ser um dos primeiros países do mundo a ter uma política integrada para a mobilidade elétrica e uma rede de carregamentos de âmbito nacional. Segundo o programa de mobilidade elétrica (mobi-e) este projeto contemplou com a criação de 1300 pontos de carregamentos até 2011 em locais como parques de estacionamento públicos, centros comerciais, bombas de gasolina, hotéis, aeroportos, garagens particulares e via pública, tendo parcerias com as Energias de Portugal, a Galp energia e Iberdrola (Ilustração 5).

Em suma esta nova tecnologia vem solucionar alguns dos problemas atuais como a redução de poluentes emitidos, assim como uma alternativa ao petróleo, no entanto permanecem problemas por solucionar tal como, congestionamentos e ocupação inadequada das vias públicas.



Ilustração 5 – Carro híbrido a ser carregado num posto próprio

[Fonte: Galp Energia, 2013]

De forma a tentar incentivar os cidadãos a aderirem a uma mobilidade sustentável não motorizada foram criados postos de bicicleta que podem ou não, ser grátis (no caso de não serem, o valor a ser cobrado é meramente simbólico) em várias cidades Portuguesas, como é o caso de Aveiro, sendo conhecidas por bugas, este sistema está em funcionamento desde o dia 31 de Dezembro de 2009 e na altura constava com cerca de 200 bugas (Ambiente online, 2010). Para além de Aveiro, estes postos também existem em Braga, no Porto, em Faro, em Lisboa e por fim em Beja, (Ilustração 6). No entanto Portugal não é o único caso de aplicação desta iniciativa, sendo que algumas cidades da França, da Áustria, da Alemanha, da Espanha, da Dinamarca, da Itália e dos Estados Unidos também aderiram a este movimento.

Para além desta iniciativa de mobilidade urbana sustentável, houve ainda uma aposta notória no melhoramento de serviços e condições nos transportes públicos para proporcionar uma alternativa competitiva com o automóvel, aliando-se o facto que o uso de transportes públicos é economicamente mais viável do que o automóvel particular, não é necessário pagar taxas impostas no uso de autoestradas nem parques de estacionamento. Outra das vantagens do uso de transportes públicos é que estes oferecem horários e preços flexíveis sem custos adicionais, existindo ainda a alternativa dos passes mensais, e a possibilidade de durante o trajeto poder usufruir do tempo da viagem para momentos de lazer ou até mesmo de trabalho. Outro dos aspetos positivos do uso de TC é a inexistência de filas, o que acaba por se tornar uma mais-valia a nível de tempo ao contrário do que a maioria dos utilizadores de TI especulam.



a)



b)



c)

Ilustração 6 - Movimento mobilidade sustentável disponível nas cidades; a) Beja [Fonte: Câmara Municipal de Beja]; b) Porto [Fonte: Universidade do Porto]; c) Aveiro [Fonte: Moveaveiro]

Impacto saúde

A poluição atmosférica não tem apenas repercussões a nível ambiental, aliada à poluição sonora, estas afetam a qualidade de vida e o bem-estar da população, causando problemas que podem ser classificados como sendo de curto ou médio longo prazo dependendo da exposição a que os cidadãos estão submetidos. O próprio fator mobilidade em si devido aos congestionamentos gera problemas. Posteriormente é apresentada uma tabela (Tabela 1) alusiva aos problemas de curto e médio longo prazo e as suas consequências para a saúde pública.

Tabela 1 – Problemas causados pela poluição mediante o tipo de exposição ([18] Samuel Branco, 2004).

Problemas a curto prazo causados pela poluição (em dias de alta concentração)	Problemas de médio longo prazo causados pela poluição (15 a 30 anos vivendo em locais de muita exposição)
<ul style="list-style-type: none">- Irritação nas mucosas do nariz e dos olhos-Irritação da garganta- Problemas respiratórios com agravamento de enfisema pulmonar e bronquite- Planos de xistosidade	<ul style="list-style-type: none">- Geração de problemas pulmonares e cardiovasculares- Desenvolvimento de doenças de coração- Diminuição da qualidade de vida-Diminuição da expectativa de vida-Aumento das hipóteses de desenvolver cancro (principalmente pulmonar)-Alterações nos níveis das hormonas nos homens-Inalação de metais pesados presentes em áreas de muita circulação de veículos podendo provocar doenças de coração, Parkinson, Alzheimer e distúrbios de ansiedade-Enfraquecimento do sistema imunológico

A nível de poluição sonora os efeitos causados são ([54] World Health Organization, 2009):

- | | |
|--|----------------------------------|
| -Insónia | -Agressividade |
| -Stress | -Perda de atenção e concentração |
| -Depressão | -Perda de memória |
| -Perda de audição | -Dores de cabeça |
| -Aumento da pressão arterial | -Cansaço |
| -Queda do rendimento escolar e no trabalho | -Gastrite e úlcera |
| -Surdez (em casos de exposição à níveis altíssimos de ruído) | |

A maioria dos problemas causados pela poluição afetam de diferente forma o indivíduo, alterando o seu bem-estar e até a sua forma de encarar o seu dia-a-dia e o seu trabalho. Alguns destes efeitos também estão presentes quando os cidadãos estão sujeitos a filas de espera e congestionamento, tal com o *stress*, também são visíveis sinais de ansiedade e tempo produtivo perdido no trabalho.

Para além destes efeitos resultantes da poluição e de alguns problemas causados pela mobilidade em si, existe outro que talvez seja subvalorizado por alguns, o exercício físico. De facto após o aparecimento do veículo tornou-se um hábito realizar viagens, por mais curtas que elas sejam, em carros particulares devido ao conforto e a flexibilidade proporcionado por este, deixando para trás a prática de exercício físico diária. Este tipo de atitude tem resultado no aumento da obesidade em muitos países. Segundo a Direção Geral de Saúde é aconselhada a prática de atividade física de pelo menos 30 minutos, que se podem traduzir na deslocação para o local trabalho ou outros. Esta prática diária de atividade física traz grandes vantagens para melhorar a qualidade de vida e o bem-estar dos cidadãos, nomeadamente:

- Redução de morte prematura
- Redução de morte por doenças cardíacas e AVC
- Redução no desenvolvimento de doenças cardíacas e diabetes
- Previne e reduz a hipertensão e osteoporose
- Redução de *stress*, ansiedade e depressão

No caso de se residir numa área metropolitana a prática de exercício diária pode ser facilitada pela proximidade dos locais onde se pretende ou necessita estar. No entanto para quem reside em áreas rurais a prática de exercício diária pode ser dificultada devido às grandes distâncias a percorrer. Neste caso pode ser combinada a deslocação até às paragens e/ou estações por meio do uso de plataformas de mobilidade sustentável não motorizado, os modos suaves, facilitando os deslocamentos não assegurados pelos transportes convencionais de forma saudável para o ambiente e para o indivíduo, fazendo desta rotina uma atividade física saudável e agradável sem necessidade de se deparar com congestionamentos, melhorando desta forma o bem-estar psicológico e físico.

2.2 Modos Suaves

As plataformas de mobilidade sustentáveis são classificadas como modos de transportes suaves, como já foi referido anteriormente, estes são traduzidos pelos meios de deslocação de velocidade reduzida, ocupando pouco espaço, com pouco impacto na via pública e sem emissões. Andar a pé, de bicicleta, de patins, de trotineta ou de *skate* são considerados modos suaves de locomoção.

No entanto existe uma série de barreiras que limitam e por vezes impossibilitam o uso e/ou prática dos meios suaves como forma de deslocação. Estas barreiras podem ser derivadas de aspetos físicos (impostas por condições externas), psicológicos e as limitações impostas pela própria plataforma.

A nível das barreiras impostas por condições externas, isto é físicas, nas quais não existe qualquer intervenção por parte do próprio indivíduo, destacam-se as condições do piso, a inexistência de infraestruturas próprias para o efeito e a falta de sinalização das vias.

Alusivo às barreiras pessoais, ou seja impostas pelos próprios utilizadores, existe o fator exclusão social, desconforto no uso da plataforma, dificuldade no transporte de objetos e cansaço (dependendo do tipo de esforço implicado para possibilitar a locomoção). Este tipo de barreiras influenciam a atitude do indivíduo, fazendo com que este opte por uma forma de deslocação motorizada, que por norma traduz-se num meio mais confortável para realizar viagens, mesmo elas sendo de média curta distância. Estas barreiras têm contribuído para um constante abandono de plataformas de mobilidade sustentável, mesmo existindo consciência por parte da população dos vários problemas impostos pelo uso do transporte particular.

Para além destas barreiras referidas, existem limitações impostas pelas próprias plataformas, de referir o tamanho (que influencia o seu transporte e arrumo no uso dos transportes públicos que nem sempre estão preparados para o armazenamento destes), o seu peso (que a longo prazo pode criar desconforto e problemas de saúde ao utilizador) e a resistência e qualidade da plataforma (a longo prazo podem por em causa a segurança do utilizador) no entanto algumas destas barreiras tem sido contornadas de uma forma eficiente através de diversos métodos, desde os mecanismos de dobragem, propulsão elétrica, materiais utilizados e conceção de estruturas mais ergonómicas.

Nesse sentido torna-se imprescindível criar e disponibilizar os meios e as condições necessárias para o uso dos modos suaves. Alguns países têm vindo a implementar redes de mobilidade proporcionando todas as condições necessárias para os utilizadores, este tipo de iniciativa tem criado expectativas positivas para uma maior adesão por parte dos cidadãos criando uma solução viável aos problemas da mobilidade existentes.

A implementação destas redes de mobilidade suave exige a remoção de barreiras à mobilidade e aumento da segurança e conforto das deslocações dos utilizadores (peões, ciclistas, etc....). Este tipo de implementações traz grandes vantagens e resoluções para os problemas atuais da mobilidade, permitindo diminuir conflitos do tráfego automóvel, emissões de poluentes, melhorias do ambiente e qualidade de vida. Para além destas vantagens ainda possibilita e facilita o aumento da prática de exercício físico e atividades recreativas e ainda permite a melhoria das condições de acessibilidade e mobilidade para pessoas de mobilidade reduzida. Na Tabela 2 é possível verificar quais os impactos resultantes deste tipo de estratégia.

Tabela 2 - Potenciais impactos das várias estratégias de gestão integrada da mobilidade ([46] Todd Litman, 2012)

Estratégia	Melhoria das condições para os modos suaves	Aumento das deslocações suaves	Redução das deslocações motorizadas
Melhoria das infraestruturas para peões e ciclistas	Significativo	Significativo	Moderado
Programa de incentivo e de segurança	Moderado	Moderado	Moderado
Estacionamento para bicicletas	Significativo	Moderado	Diminutivo
Medidas de acalmia do tráfego	Significativo	Moderado	Diminutivo
Integração dos modos suaves nos transportes coletivos	Diminutivo	Diminutivo	Diminutivo
Alteração dos custos associados ao transporte individual	Diminutivo	Diminutivo	Significativo
Melhoria dos transportes coletivos	Diminutivo	Diminutivo	Significativo
Escala dos impactos	Significativo: mais de 5% Moderado: entre 1% a 5% Diminutivo: menos de 1%		

Para além da implementação destas redes de mobilidade, os próprios modos suaves têm sofrido *upgrades* de forma a estas plataformas serem mais apelativas e mais confortáveis para os utilizadores,

permitindo ultrapassar e contornar algumas das barreiras enunciadas anteriormente. Este tipo de evolução é de facto muito significativa, pois quanto mais apelativa, acessível e confortável for a plataforma maior é a probabilidade de aquisição por parte da população.

Tendo em conta todos os pontos anteriormente referidos sobre a mobilidade, o seu impacto a nível ambiental, económico e saúde o objetivo desta dissertação será desenvolver uma plataforma para deslocações diárias facilitando e garantido um meio de locomoção quando este não for plenamente assegurado. Esta plataforma responderá as necessidades dos potenciais clientes e poderá ser utilizada como plataforma de lazer e/ou desporto.

De seguida serão ilustradas quais as opções mais recentes e modernas dos modos suaves disponíveis no mercado.

2.2.1 A bicicleta

As bicicletas são um dos modos suaves mais conhecido, mas também mais utilizado. Ao longo de décadas a bicicleta tem vindo a ser melhorada e adaptada chegando aos modelos dos dias de hoje. Com a constante evolução tecnológica e necessidades de desenvolvimento de produtos novos e melhorados chegamos a uma geração de ciclismo elétrico para facilitar as deslocações e até mesmo para redução do esforço exercido pelo utilizador, assim como a diminuição do tempo de deslocação. Para além da implementação de baterias elétricas a bicicleta também evolui em termos de volumetria, para facilitar a sua arrumação ou forma de transporte tem sido desenvolvido bicicletas dobráveis (Ilustração 7).

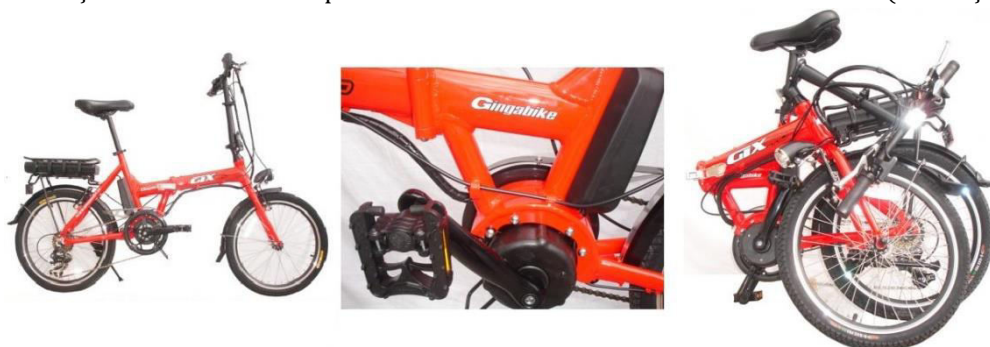


Ilustração 7 - Bicicleta elétrica dobrável
[Fonte:Gingabike, 2012]

2.2.2 O skate

O *skate* é conhecido e usado numa vertente mais desportiva e de lazer, no entanto, por necessidades semelhantes às referidas anteriormente este também tem sofrido alterações, existindo igualmente a possibilidade de adquirir um skate elétrico ou movida a gasolina (Ilustração 8), estes dispõem de comandos com ou sem fio permitindo o total controlo da plataforma. Com a evolução tecnológica e estudo das necessidades dos potenciais clientes este tipo de plataforma permite ainda o seu uso em diversos tipos de terrenos facilitando assim a forma de deslocamento e tornando a vertente desportiva mais atrativa. De referir que o *skate* deu origem a outro tipo de plataformas baseadas no mesmo princípio, por exemplo o *waveboard* e *longboard*.



Ilustração 8 - Nova geração de *skates*; a) Elétrico [Fonte: Gingabike, 2012]; b) Gasolina [Fonte: Mercado livre, 2013]

2.2.3 Os patins

Os patins, assim como os *skates* são frequentemente utilizados na vertente do lazer e do desporto, no entanto estes também evoluíram para uma versão mais otimizada, patins elétricos (Ilustração 9). O funcionamento destes consiste no mesmo princípio que o *skate*, sendo controlados através de um comando manual sem fios. De notar que não são muitos os patins elétricos disponíveis no mercado, sendo que muitos ainda são apenas protótipos em desenvolvimento. Para além dos patins existem produtos semelhantes diferenciados pelo *design* e a forma como são utilizados.



Ilustração 9 - Patins elétricos
[Fonte: gizmag, 2011]

2.2.4 A trotineta

A trotineta tal como qualquer outro modo suave passou por muitas refinações até chegar a trotineta atual, da mesma forma que a bicicleta, esta também foi adaptada a uma locomoção movida eletricamente ou por meio de um motor a gasolina (Ilustração 10). De notar que esta também melhorou o seu conceito de conforto, complementando o produto com um selim proporcionando assim o bem-estar do utilizador durante os percursos percorridos.

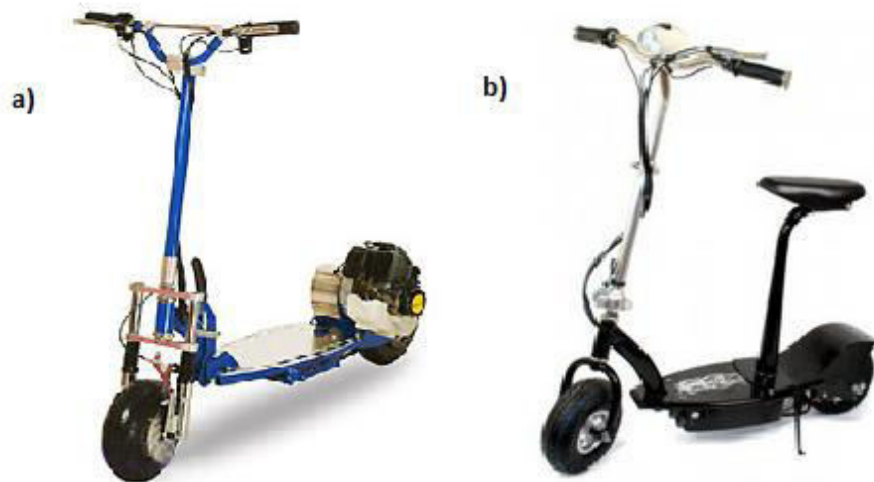


Ilustração 10 - Nova geração de trotinetas; a) Gasolina [Fonte: Loja das trotinetes, 2013]; **b) Elétrica** [Fonte: Shop Mania, 2013]

2.2.5 O triciclo

O triciclo é um modo suave muito semelhante à bicicleta, no entanto no desenvolvimento de novas plataformas movidas através de energia tem vindo a apresentar alguns modelos com um conceito um pouco diferente do que o da bicicleta, sendo que alguns deles demonstram um *design* e conceito visual muito similar ao da trotineta, outros conceitos apresentam o design e modo de locomoção convencional apresentando, apenas a vertente de compactação da plataforma facilitando o seu transporte e arrumação (Ilustração 11). Um dos conceitos apresentados na ilustração posterior é um triciclo motorizado ideal para pessoas idosas ou com algumas dificuldades físicas.



Ilustração 11 - Triciclos; a) Elétrico [Fonte: Bike moto, 2013]; **b) dobrável** [Fonte: Geek chic, 2007]

Streetstrider

A *streetstrider* foi, em 2009, a primeira marca a desenvolver uma mobilidade elíptica tendo diversas patentes espalhadas pelo mundo (Estados Unidos da América, China, Austrália e União Europeia). Os modelos desenvolvidos são bastantes semelhantes às máquinas de ginásio, possuindo braços e pernas

que permitem a realização do movimento elíptico, para uma maior estabilidade a *streetstrider* é constituída por 3 rodas, uma traseira e duas dianteiras, sendo que a direção é orientada pela inclinação do corpo para a direita ou para esquerda consoante o lado para o qual se pretende virar. A estrutura é de alumínio 6061 T6 e o sistema de transmissão de velocidades é realizado através de um cubo de velocidades interna.



Ilustração 12 - Modelo Sprinter 3r
[fonte: *Streetstrider*, 2013]

ElliptiGo

A elliptiGo foi criada em 2010 e também é acionada através do movimento elíptico, no entanto o movimento é apenas realizado pelos membros inferiores. Esta marca apostou num *design* e aparência mais parecida com uma bicicleta. No entanto o seu sistema de transmissão encontra-se, como é possível observar-se na Ilustração 13, num local distinto daquele que é usual numa bicicleta. Os quadros dos modelos disponíveis em mercado são de alumínio 7005 T6, sendo que todos eles são muito parecidos e algumas das características não diferem de um modelo para outro.



Ilustração 13 - Modelo ElliptiGo 3C
[fonte: *ElliptiGo*, 2013]

3G Stepper bike

Criada em 2007 por Gary Silva nos Estados Unidos da América a 3G *Stepper bike* difere de qualquer meio de deslocação, não possui assento e o movimento realizado é o step, movimento vertical. A estrutura de alumínio é equipada por uma tabuas (que são feitas com o mesmo material do que os skates) que servem de pedais. O movimento aplicado na pedaleira é semelhante ao de subir uma escada.



Ilustração 14 - Modelo Work it da 3G stepper bike
[fonte: 3G stepper / Fitness stepper bikes, 2013]

Zike bike

A zike bike é uma companhia situada em GreenVille, Estados Unidos fundada por *Nathan Scolari*, que produz *scooters* híbridas, Neste momento a empresa dispõe de quatro modelos sendo que a maioria dos modelos são direcionados para crianças.



Ilustração 15- Modelo saber da zike bike
[fonte: Zike, 2013]

Bicicletas elétricas

A empresa bicicletas elétricas desenvolveu a sua atividade a partir das suas instalações em Leon, Espanha, onde se especializaram no fabrico, venda, montagem e reparação de bicicletas elétricas, bem como na aquisição de acessórios. Esta empresa dispõe de uma grande variedade de bicicletas tanto para passeios na cidade como na montanha, com *design* arrojado. As bicicletas oferecem a possibilidade de se mover sem grande esforço através do seu equipamento elétrico, permitindo apreciar uma viagem calma e relaxante, sendo que alguns dos modelos disponíveis são dobráveis.



Ilustração 16 - Modelo Majestic
[fonte: Bicicletas elétricas, 2013]

Capítulo 3 Análise Biomecânica, Antropometria e Ergonomia

Neste capítulo será realizado um estudo detalhado dos modos de locomoção referidos anteriormente, assim como as possíveis posturas adaptáveis à nova plataforma de mobilidade a desenvolver. Considerando o tipo de movimento escolhido para a conceção da nova plataforma, movimento elíptico, o estudo biomecânico realizado será o da marcha e ciclismo, uma vez que a combinação de ambos é muito semelhante ao movimento originado no uso da plataforma. Neste estudo será realizada uma análise detalhada das diferentes atividades físicas e passíveis implicadas no dispositivo. A análise biomecânica passará pela determinação das fases e posições angulares dos membros, assim como, pela avaliação das capacidades de força e binário que podem ser desenvolvidas pelos membros em cada atividade. Posteriormente será, igualmente realizada uma recolha dos dados antropométricos dos membros em termos de amplitude de movimento e comprimento de segmento anatómico para as diferentes idades, géneros e percentis de forma a condicionar as dimensões e flexibilidade da plataforma de mobilidade a ser desenvolvida.

3.1 Biomecânica da marcha

A marcha é uma forma primária de deslocação consequência da vontade ou necessidade do indivíduo se deslocar, esta forma de deslocação não depende de qualquer tipo de plataforma auxiliar, não existindo qualquer tipo de barreira ou limitação. Existem 4 critérios fundamentais para a prática da marcha, integridade músculo-esquelética (ossos, articulações e músculos), controlo neurológico, equilíbrio e locomoção ([57] Sunana Pinto, 2007).

O ciclo de marcha é o período desde o contacto com o pé no solo até ao seguinte desse mesmo pé e pode ser decomposto em duas fases, nomeadamente pela fase de apoio (o pé está em contacto com o solo) e pela fase de balanço (o pé não se encontra em contacto com o solo) ([41] Ishida, 1997), (Ilustração 17).

3.1.1 Fases e posições angulares dos membros envolvidos na marcha

Na prática da marcha todo o corpo está em movimento, no entanto os membros que permitem o deslocamento do indivíduo são os membros inferiores. Na prática da marcha os membros responsáveis pela cinética da marcha são a anca, o joelho e o tornozelo. Os principais músculos envolvidos pelo ciclo de marcha, respetivos aos membros inferiores são:

- Tibial anterior;
- Extensor do hálux;
- Quadríceps;
- Tríceps sural;
- Iliopsoas;
- Glúteo máximo e médio;
- Isquiotibiais;
- Semimembranoso e semitendinoso;
- Gastrocnémio;
- Sóleo;

- Vasto interno;
- Reto anterior.

([57] Sunana Pinto, 2007)

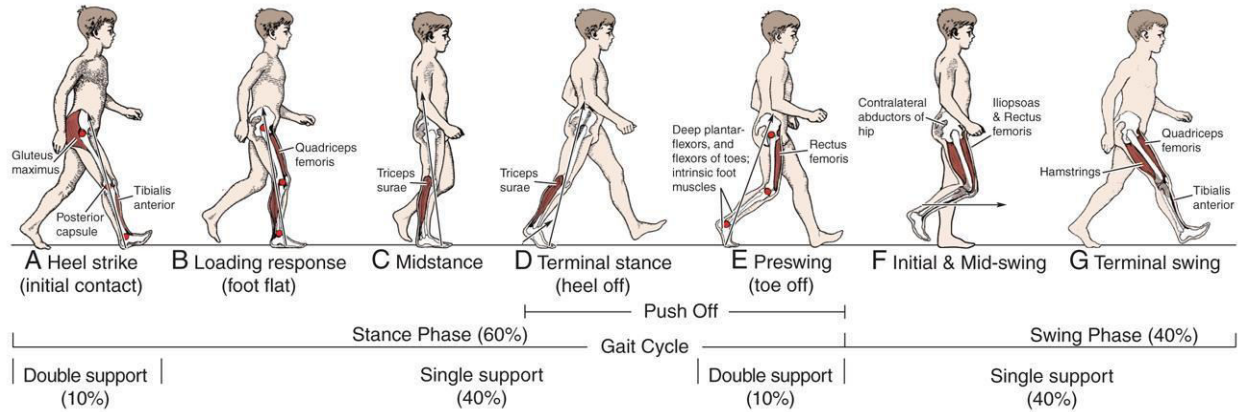


Ilustração 17 - Ciclo de marcha

[Fonte: Studyblue, 2012]

Como já foi referido anteriormente, o ciclo de marcha é dividido em duas fases sendo que a fase de apoio corresponde a 60% do ciclo enquanto a fase de balanço corresponde a 40%. Cada uma dessas fases também é subdividida por uma sequência de fases (Ilustração 18).

Fase de apoio:

- Contacto inicial (duplo apoio inicial): o pé posterior toca no chão, geralmente o calcanhar é a primeira parte do pé que entra em contacto com o solo.
- Resposta de carga: tem início quando todo o pé está no chão e corresponde ao curto período em que ambos os membros tocam o chão. Termina quando o pé oposto se eleva, passando o peso para a perna anterior do corpo (suporte simples).
- Apoio médio: Corresponde a primeira metade do suporte simples com a elevação do pé posterior e termina quando o peso do corpo está alinhado com a parte anterior do pé.
- Apoio terminal: inicia-se quando o calcanhar do pé (agora trocando com a posição posterior) se eleva e continua até o calcanhar do pé anterior tocar no chão e depois o pé posterior se levantar do chão (pré balanço).

Fase de balanço:

- Balanço inicial: tem início quando o pé posterior sai do chão para avançar e termina quando o outro pé se encontra no fim da fase de apoio médio.
- Balanço médio: período em que o pé que está em balanço avança até a perna correspondente estar a frente do corpo e a tibia estiver na vertical.
- Balanço terminal: a perna anterior continua a mover-se em frente até tocar no chão e nesse instante começa um novo ciclo.

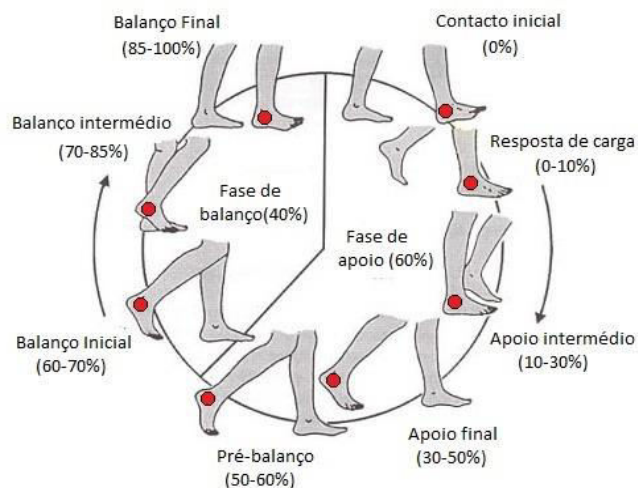


Ilustração 18 - Ciclo de marcha realizado pelo pé direito
 [Fonte: Susana Pinto, 2007]

Quanto à avaliação dos ângulos durante o ciclo de marcha, Jacquelin Perry obteve os deslocamentos angulares normais do quadril (anca) (Gráfico 1), do joelho (Gráfico 2) e do tornozelo (Gráfico 3) no plano sagital durante o ciclo de marcha.

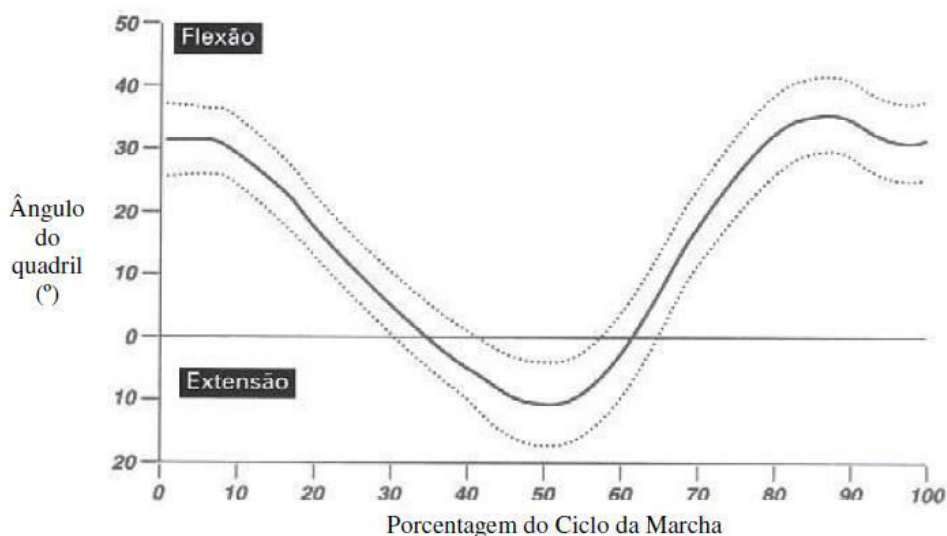


Gráfico 1 - Ângulo do quadril durante um ciclo de marcha (adaptado de [55] Perry, *Análise da marcha*, 2005). A linha a negrito representa a média, a linha superior indica a média mais o desvio padrão e por fim a linha inferior indica a média menos o desvio padrão.

Como é possível verificar na imagem acima apresentada, a flexão do quadril manifesta dois picos dos 0 ao 10 %, correspondente à resposta de carga e entre o balanço intermédio e início do balanço final (80 a 90%), sendo que o valor do ângulo é aproximadamente 30°. Já o pico da extensão do quadril apresenta um ângulo de 10° e ocorre entre o fim do apoio final e início do pré-balanço (nos 50% do ciclo de marcha).

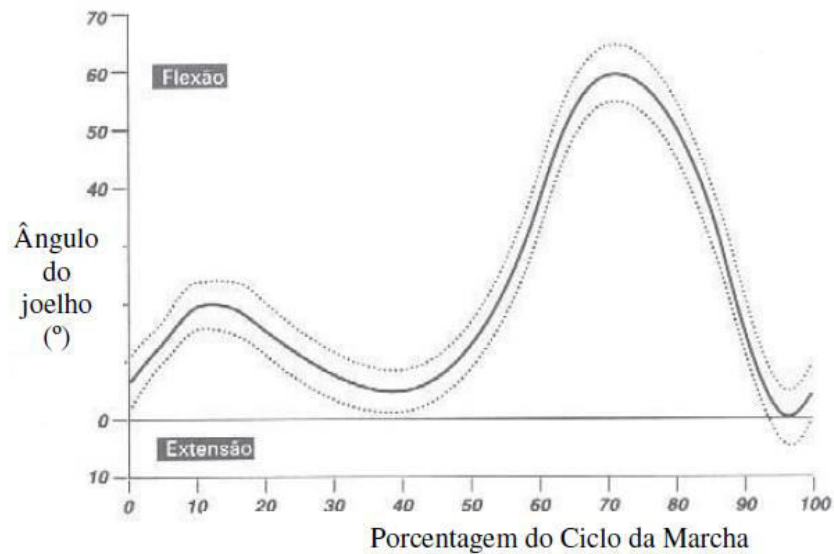


Gráfico 2 - Ângulo do joelho durante um ciclo de marcha (adaptado de [55] Perry, Análise da marcha 2005). A linha a negrito representa a média, a linha superior indica a média mais o desvio padrão e por fim a linha inferior indica a média menos o desvio padrão.

O gráfico correspondente ao ângulo do joelho, apresentado acima, demonstra uma ligeira flexão de cerca de 20° durante a fase de apoio intermédio e o seu pico (cerca de 60°), que ocorre no fim do balanço inicial e no início do balanço intermédio.

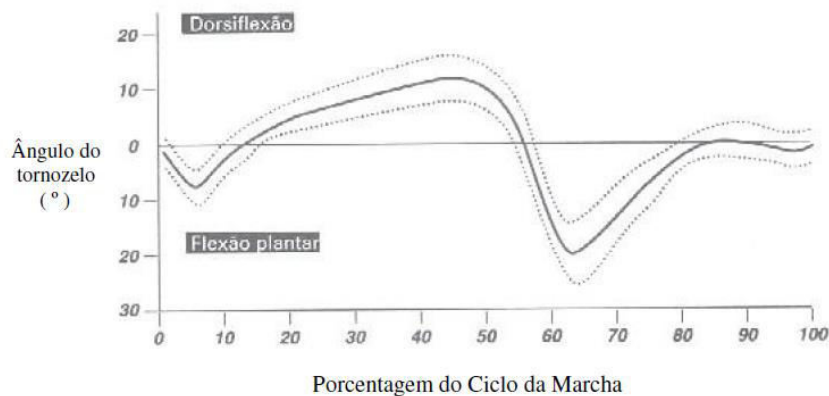


Gráfico 3 - Ângulo do tornozelo durante um ciclo de marcha (adaptado de [55] Perry, Análise da marcha, 2005). A linha a negrito representa a média, a linha superior indica a média mais o desvio padrão e por fim a linha inferior indica a média menos o desvio padrão.

Por fim a ilustração relativa ao ângulo do tornozelo apresenta uma ligeira flexão plantar no início da fase de apoio, nomeadamente na resposta de carga, seguindo-se uma dorsiflexão crescente até aos 10° nos 50% do ciclo de marcha (fim do apoio final e início do pré-balanço). O pico da flexão plantar do tornozelo ocorre durante a fase de balanço inicial (aproximadamente aos 62%) apresentando um ângulo de 20°. Por fim o ângulo do tornozelo apresenta um valor neutro ($\approx 0^\circ$) na fase de balanço final.

3.1.2 Avaliação da força e binário desenvolvido pelos membros

Tendo em conta que os membros sujeitos a ângulos e sendo estes os responsáveis pela articulação da marcha, serão apresentados posteriormente gráficos alusivos às forças (Ilustração 19) e aos momentos (Ilustração 20) do quadril, do joelho e do tornozelo durante o ciclo de marcha.

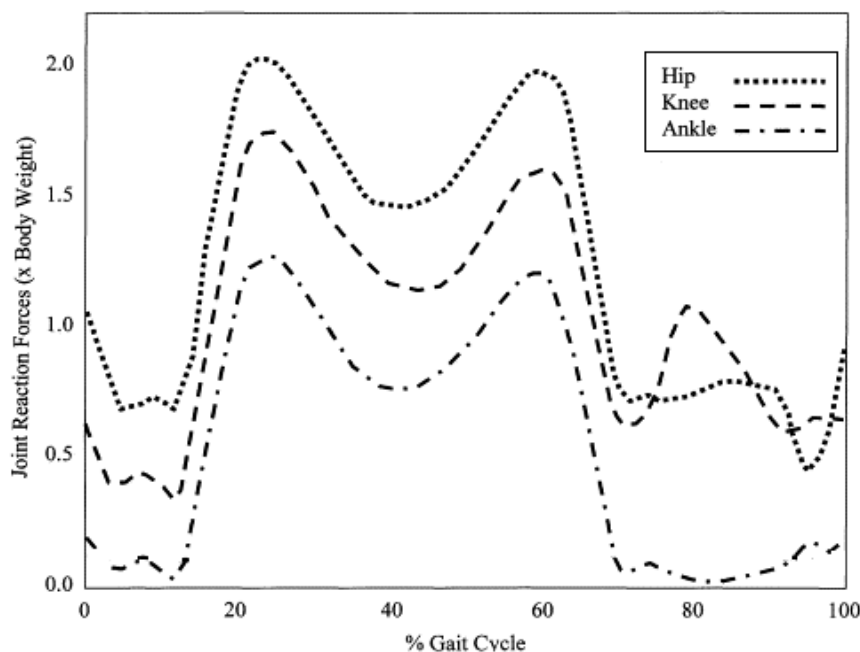


Ilustração 19 - Força de reação do quadril, do joelho e do tornozelo
[Fonte: [43] Richard D. Komistek, *Jornal of Biomechanics*, 1997]

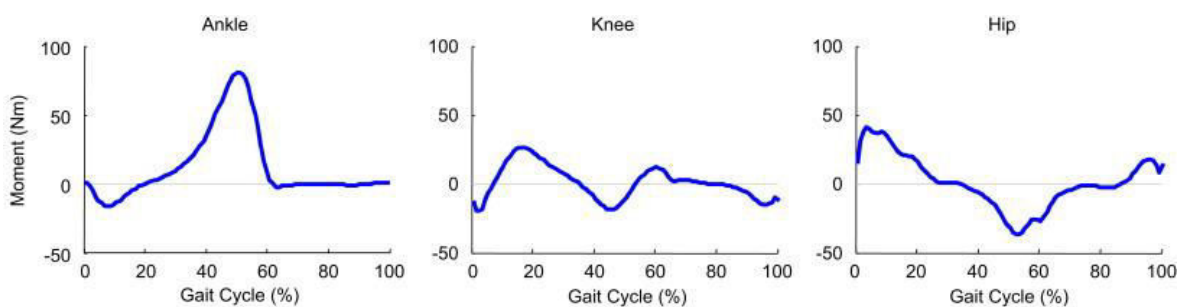


Ilustração 20 - Momentos exercidos durante o ciclo de marcha do tornozelo do joelho e do quadril, respetivamente
[Fonte: [45] Lewis & Ferris, *Jornal of Biomechanics* 2008]

Como é possível observar-se na imagem acima, o tornozelo apresenta um momento com pico perto dos 80/90 [Nm] na fase dos 50% do ciclo de marcha (fim do apoio final, início do pré-balanço), nas restantes fases o valor do momento para o tornozelo apresenta valores próximos de 0. No caso do joelho o valor do momento durante o ciclo de marcha está compreendido entre aproximadamente -20 [Nm] e 35 [Nm], não apresentando picos significativos. Por último os momentos representados para o quadril assumem valores perto de 50 [Nm] na fase inicial do ciclo decrescendo até valores próximos de -40 [Nm] na fase de pré-balanço.

3.2 Biomecânica do ciclismo

A bicicleta é uma forma de mobilidade muito conhecida e utilizada por muitos, em alguns países é vista como uma forma de mobilidade tão comum quanto o automóvel particular. Para além de esta ser uma alternativa para deslocações de curta média distância, também apresenta uma vertente desportiva de competição ou de lazer. Uma vez que a bicicleta é uma forma de locomoção inserida nos modos suaves de transportes, esta contribui positivamente para o ambiente (no caso dos velocípedes não motorizados) assim como contribui para a prática de exercício físico promovendo o bem-estar físico e psicológico dos seus utilizadores.

3.2.1 Fases e posições angulares dos membros envolvidos no ciclismo

Durante a prática de ciclismo, são vários os músculos que são desenvolvidos, embora alguns sejam quase desprezáveis, pois não interferem na transmissão de força para gerar o movimento da plataforma nomeadamente, as mãos, os braços, os antebraços, abdominais e o tronco. Os membros mais exercitados na prática de ciclismo são os músculos inferiores nomeadamente o glúteo máximo, bíceps femoral, o reto femoral, os vastos medial e lateral, o semimembranoso, o gastrocnémio, o tibial anterior, Iliopsoas, semitendinoso e o sóleo. Cada um destes músculos está associado a uma função da anca, do joelho e do tornozelo (Tabela 3).

Tabela 3- Funções dos principais músculos inferiores no ciclismo ([29] Di Alencar, Matias, & Oliveira, 2010)

Músculo	Função/ação
Glúteo máximo	Extensão da anca
Iliopsoas	Flexão da anca
Vasto lateral	Extensão da anca
Vasto medial	Extensão da anca
Reto femoral	Extensão do joelho e flexão da anca
Bíceps femoral (cabeça curta)	Flexão do joelho
Bíceps femoral (cabeça longa)	Flexão do joelho e extensão da anca
Semitendinoso	Flexão do joelho e extensão da anca
Semimembranoso	Flexão do joelho e extensão da anca
Tibial anterior	Dorsiflexão do tornozelo
Gastrocnémio	Flexão plantar do tornozelo e flexão do joelho
Sóleo	Flexão plantar do tornozelo

Na atividade do ciclismo, o ciclo de pedalagem pode ser dividido em várias fases, nomeadamente em duas, a fase de propulsão e a fase de recuperação dos 0° aos 180° e dos 180° aos 360°, respetivamente. Mas outra forma de classificar o ciclo de pedalagem é dividindo este na fase descendente e ascendente. A primeira fase é chamada de impulso (315° a 45°), a segunda por fase de compressão (45° a 135°), a terceira é denominada de fase final (135° a 225°) e por fim a quarta fase é de recuperação ou retorno (225° a 315°) (Ilustração 21).

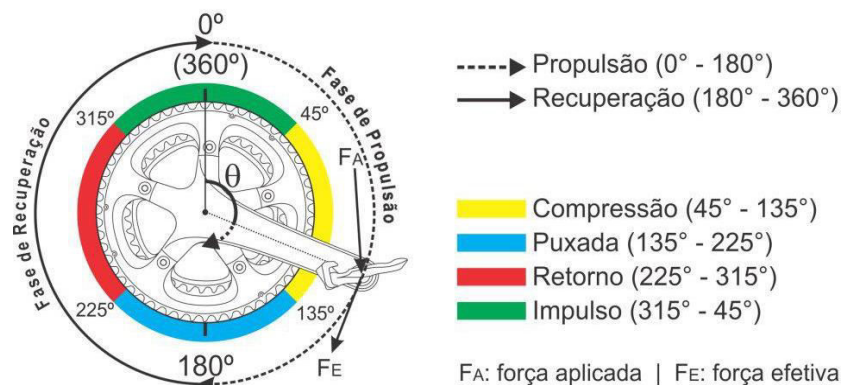


Ilustração 21- Ciclo de pedalada e fases

[Fonte: MTB Cuité, 2012]

- **Fase de impulso:**

A fase de impulso é a fase na qual os membros se preparam para iniciar a fase de compressão, para tal o joelho começa por estar quase totalmente fletido podendo assim iniciar o movimento. Inicia-se a extensão do joelho, juntamente com uma ligeira flexão e extensão da anca aquando da passagem do pedal pelo ponto morto superior (0°). O tornozelo passa de ligeira flexão plantar para uma posição angular paralela ao solo ([20] Grant Bullock, 2009).

- **Fase de compressão**

De seguida procede-se a fase de compressão, esta é a fase onde é gerado o maior potencial do ciclo. O joelho e o tornozelo continuam em movimento de extensão, e é nesta fase que entram em trabalho os músculos extensores da anca (semi tendinoso, semimembranoso e bíceps femoral) assim como os glúteos. Os músculos extensores do tornozelo e abdominais auxiliam o movimento ([20] Grant Bullock, 2009).

- **Fase de retorno**

De seguida dá-se início a fase final, nesta fase o joelho inicia a sua flexão, juntamente como uma ligeira extensão e flexão da anca na passagem do pedal pelo ponto morto inferior (180°) assim como se dá a flexão plantar do tornozelo ([20] Grant Bullock, 2009).

- **Fase recuperação**

Por fim inicia-se a fase de recuperação, é nesta fase que ocorre a principal flexão da anca, assim como a flexão do joelho. O tornozelo realiza uma ligeira dorsiflexão aquando da aproximação do pedal ao ponto morto superior ([20] Grant Bullock, 2009).

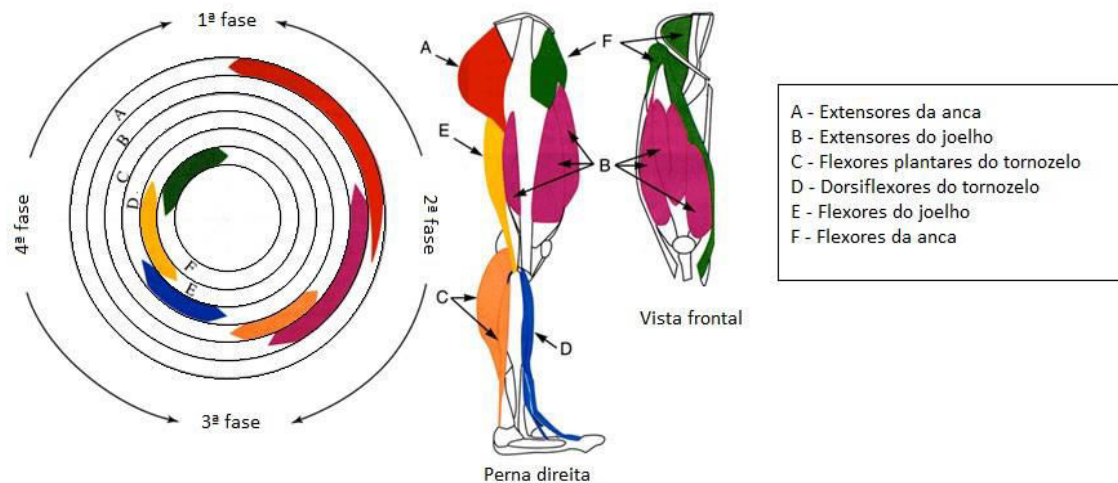


Ilustração 22 - Representação eletromiográfica das funções musculares durante o ciclo de pedalada

[Fonte: Tribesport]

A extensão da anca ocorre durante a fase de propulsão (0° a 120°) enquanto a sua flexão se dá no início da segunda metade da fase de recuperação. A articulação do quadril apresenta assim um ângulo de 71° quando o pedal está no ponto morto superior e de 28° quando o pedal atinge o ponto morto inferior, fazendo com que a amplitude de movimento realizado é de 43°. A máxima extensão do joelho e da anca ocorrem em simultâneo durante a fase de propulsão. A flexão do joelho dá-se na primeira metade da fase de recuperação. A amplitude de movimento do tornozelo geralmente envolve 15° de dorsiflexão e 20° de flexão plantar. A máxima dorsiflexão do tornozelo coincide com a máxima flexão do joelho e anca entre a posição de 337° e 23° do ciclo de pedalada. Os principais flexores plantares estão ativos durante a fase de propulsão ([29]Di Alencar, Matias, & Oliveira, 2010).

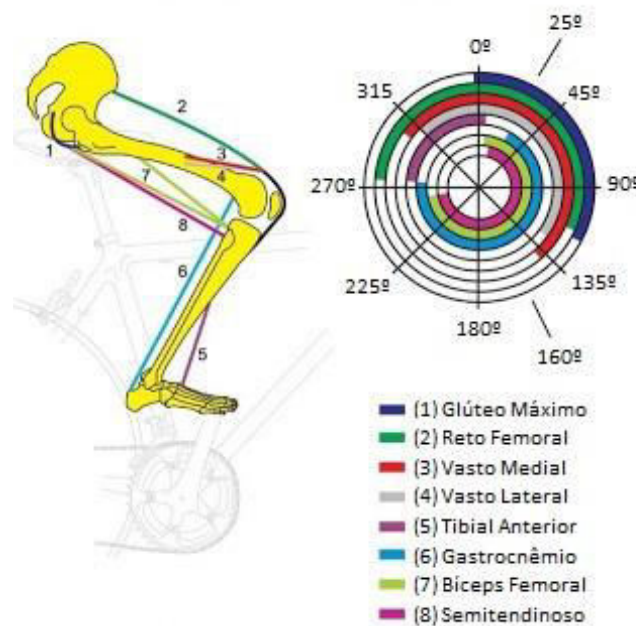


Ilustração 23 - Representação eletromiográfica da atividade muscular durante o ciclo de pedalada

[Fonte: [29]Di Alencar, Matias, & Oliveira, 2010]

O início da atividade do glúteo máximo ocorre imediatamente antes do ponto morto superior (0°) e o seu pico de atividade ocorre aos 55° do ciclo de pedalagem, este contribui para a extensão da anca até aos 120°. Os isquios-tibiais, também responsáveis pela extensão da anca, estão ativos entre os 45° e 180° no início da fase de recuperação. A atividade do reto femoral precede a atividade do vasto lateral e medial no início da segunda metade da fase de recuperação. Os quadríceps iniciam a sua atividade na segunda metade da fase recuperação (0° a 120°), o músculo sóleo é anterior ao gastrocnémio (dos 27° aos 145°) com pico de atividade antes dos 90°. Dá-se início à atividade do gastrocnémio aos 35°, sendo o seu pico de atividade nos 107° (em média). A atividade deste vai decaindo gradualmente durante a fase de recuperação finalizando-se perto dos 270°. Quando o gastrocnémio deixa de contribuir inicia-se a atividade do tibial (imediatamente a seguir aos 270°). Na fase de propulsão são ativados o semimembranoso e semitendinoso, com pico de atividade aos 90°. O pico de atividade do semitendinoso ocorre ligeiramente após ao do semimembranoso ([29] Di Alencar, Matias, & Oliveira, 2010)

3.2.2 Avaliação da força e binário desenvolvidos pelos membros

A determinação da força e do binário desenvolvido pelos membros depende de alguns fatores nomeadamente, a posição em que o utilizador se encontra, o tipo de terreno no qual se pratica a atividade, velocidade, os ângulos dos membros e consequentemente a altura do selim e do guiador. O movimento é gerado através da força exercida pelos músculos inferiores, criando rotação dos pedais que por sua vez estão ligados através de uma corrente a roda traseira da bicicleta permitindo criar deslocamento. As forças envolvidas no processo são a força no eixo do x, força centrífuga e a força no eixo y, força tangencial.

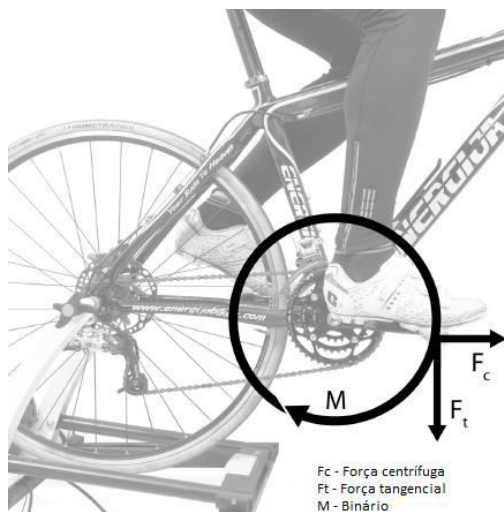


Ilustração 24 - Forças exercidas no ciclo de pedalada
[Fonte: Borut & Nejc, 2010]

Segundo Hoes, as forças exercidas são mais elevadas quando o pedal se encontra na posição dos 90° ([39] Hoes, 1968). Segundo Ericson e Nissel ([32], 1988) a força centrífuga é maior na fase entre os 120° e 195° e é menor nas fase entre os 90° e 285°.

Quanto à força exercida pelos membros inferiores, existe uma relação entre esta e o comprimento da perna no movimento cíclico de rotação do pedal. Segundo *Danny Too e Gerald E. Landwer* [64] a melhor forma de traduzir esta relação é através do gráfico apresentado posteriormente,

gráfico 1. Este representa a variação da força entre o comprimento crescente do músculo, isto é, do comprimento mínimo até o comprimento de descanso e do comprimento de descanso até ao comprimento máximo durante um ciclo de pedalagem. No entanto é difícil definir e medir as forças devido aos ângulos corporais adotados durante a prática deste desporto.

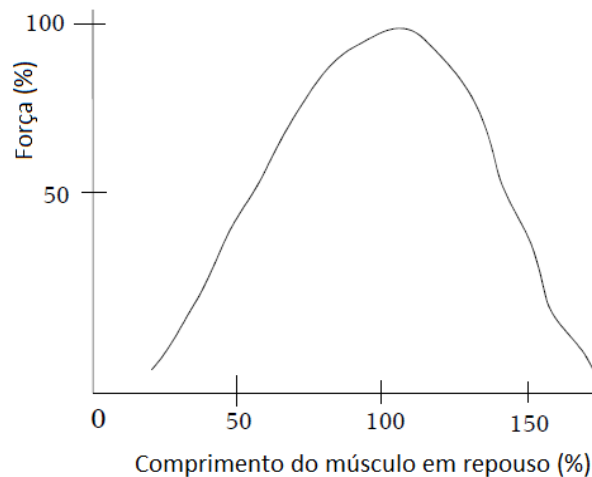


Gráfico 4 - Relação entre a força e o comprimento do músculo na fase de repouso
[Fonte: Too & Landwer]

É possível calcular-se o binário articulado produzido durante a pedalada através da equação 1 ([27] Davis & Hull, 1981):

Equação 1 - Fórmula do binário

$$T(\theta_1) = (F_c \times \cos(\theta_2) - F_t \times \sin(\theta_2)) \times L_{ca}$$

T = Binário;

F_c = Força centrífuga;

F_t = Força tangencial;

θ₁ = Ângulo do pedivela (0° < θ < 360°);

θ₂ = Ângulo do pedal;

L_{ca} = Comprimento do pedivela.

No que diz respeito ao binário, como foi referido anteriormente, este depende de diversos fatores externos que dificultam a sua determinação exata, no entanto, é possível ser calculada a potência média da pedalada, conforme a proposta de Davis e Hull ([27], 1981):

$$\bar{P} = \frac{1}{360} \left(\sum_{\theta_1=1}^{360} T(\theta_1) \dot{\theta}_1 \right)$$

Onde, P = Potência (em Watts), T = Torque, Σ é o somatório da variação angular e θ₁ é o ângulo do pedal (que varia de 0° a 360°).

3.3 Antropometria

Para a realização deste trabalho foi necessária a recolha de informação acerca dos dados antropométricos da população portuguesa para as diferentes idades, género e percentil de forma a ser possível, posteriormente, condicionar as dimensões e flexibilidade da plataforma de mobilidade a ser desenvolvida.

A recolha destes dados foi baseada num estudo desenvolvido em 2006 de acordo com a população portuguesa pelo instituto para a segurança, higiene e saúde no trabalho, (ISHST). Este estudo teve por objetivo a criação de uma base de dados que fosse representativa da realidade da população portuguesa adulta.

Para tal foi necessário estabelecer quais as medidas à serem consideradas para a realização do estudo (Tabela 4), (Tabela 5) e (Tabela 6).

Tabela 4 - Dimensões antropométricas consideradas ([6] Pedro Arezes, 2006)

Dimensões		
01- Estatura	02- Altura dos olhos	03- Altura dos ombros
04- Altura do punho	05- Largura de ombros (bideltóide)	06- Altura do cotovelo
07- Distância do cotovelo ao punho	08- Alcance funcional anterior	09- Alcance funcional vertical de pé
10- Altura sentado	11- Altura dos olhos em relação ao assento	12- Altura lombar em relação ao assento
13- Espessura máxima da coxa	14- Altura do joelho	15- Altura do poplíteo
16- Comprimento da coxa ao poplíteo	17- Comprimento máximo da coxa	18- Espessura do peito
19- Espessura abdominal	20- Alcance funcional vertical (sentado)	21- Distância do ombro ao assento
22- Distância do cotovelo ao assento	23- Largura de ombros (biocromial)	24- Largura das ancas
25- Peso (kg)		

Nas seguintes ilustrações serão representadas as várias dimensões consideradas para a recolha de dados antropométricos realizada pelo ISHST.

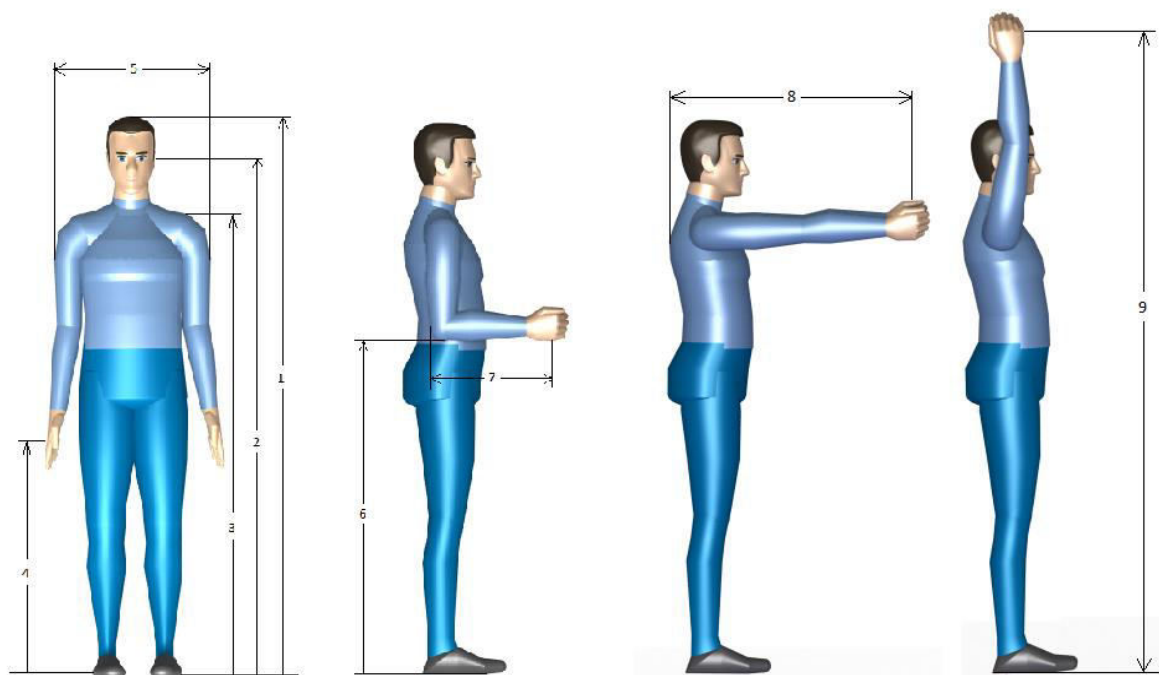


Ilustração 25 - Medidas consideradas na posição em pé

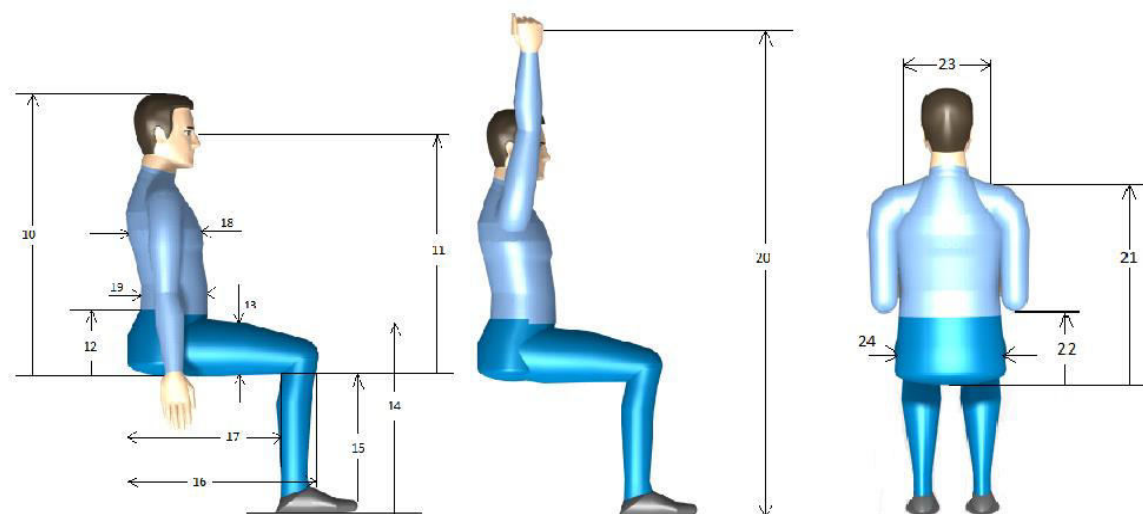


Ilustração 26 - Medidas consideradas na posição sentado

A amostra utilizada pelo ISHST constou com 891 indivíduos de ambos os sexos com sectores de actividades diferentes nomeadamente, indústria de manufatura ligeira, moderada e pesada, trabalho administrativo, sector terciário e outro, não sendo este especificado.

Os dados antropométricos alusivos ao sexo masculino estão apresentados posteriormente (Tabela 5), sendo que a amostra consta com 55% (492) dos indivíduos considerados.

Tabela 5 - Valores da média, desvio-padrão e percentis dos dados antropométricos da população masculina (Arezes, 2006)

Dimensões	Nº	Média (50.º)	Desvio padrão	Percentil			
				1.º	5.º	95.º	99.º
Estatura	01	1.690	76	1.514	1.566	1.814	1.866
Altura dos olhos	02	1.585	74	1.412	1.463	1.707	1.758
Altura do ombro	03	1.395	65	1.245	1.289	1.501	1.545
Altura do punho	04	735	43	635	664	806	835
Altura do cotovelo	05	1.050	51	931	966	1.113 4	1.169
Distância do cotovelo ao punho	06	350	18	308	320	380	392
Alcance funcional anterior	07	730	62	584	627	833	876
Alcance funcional vertical (de pé)	08	2.030	94	1.810	1.875	2.185	2.250
Altura sentado	09	920	37	833	859	981	1.007
Altura dos olhos (em relação ao assento)	10	810	34	730	754	866	890
Altura lombar (relação ao assento)	11	215	20	169	183	247	261
Espessura máxima da coxa	12	175	17	134	146	204	216
Altura do joelho	13	525	30	455	475	575	595
Altura do poplíteo	14	400	26	341	358	442	459
Comprimento da coxa ao poplíteo	15	485	32	410	432	538	560
Comprimento máximo da coxa	16	590	33	513	536	644	667
Espessura do peito	17	265	23	211	227	303	319
Espessura abdominal	18	265	32	191	213	317	339
Alcance funcional vertical (sentado)	19	1.250	55	1.123	1.160	1.340	1.377
Distância do ombro ao assento	20	630	33	552	575	685	708
Distância do cotovelo ao assento	21	255	30	185	206	304	325
Largura dos ombros (biacromial)	22	335	22	284	299	371	386
Largura dos ombros (bideltóide)	23	475	30	404	425	525	546
Largura das ancas	24	380	24	323	340	420	437
Peso	25	74	11	48	56	92	100

Da mesma forma foram obtidos os dados antropométricos para os indivíduos do sexo feminino (Tabela 6), sendo a amostra constituída pelos restantes 45% (399) dos indivíduos.

Tabela 6 - Valores da média, desvio-padrão e percentis das dimensões da população feminina ([6] Pedro Arezes, 2006)

Dimensões	Nº	Média (50.º)	Desvio padrão	Percentil			
				1.º	5.º	95.º	99.º
Estatura	01	1.565	66	1.411	1.456	1.674	1.719
Altura dos olhos	02	1.465	66	1.311	1.356	1.574	1.619
Altura do ombro	03	1.295	56	1.165	1.203	1.387	1.425
Altura do punho	04	685	40	592	620	750	778
Altura do cotovelo	05	965	46	859	890	1.040	1.071
Distância do cotovelo ao punho	06	320	17	280	292	348	360
Alcance funcional anterior	07	675	33	597	620	730	753
Alcance funcional vertical (de pé)	08	1.860	85	1.661	1.719	2.000	2.058
Altura sentado	09	865	35	783	807	923	947
Altura dos olhos (em relação ao assento)	10	760	35	679	703	817	841
Altura lombar (relação ao assento)	11	220	20	174	187	253	266
Espessura máxima da coxa	12	165	15	130	140	190	200
Altura do joelho	13	480	27	416	435	525	544
Altura do poplíteo	14	365	23	312	327	403	418
Comprimento da coxa ao poplíteo	15	470	30	401	421	520	540
Comprimento máximo da coxa	16	570	32	496	518	622	644
Espessura do peito	17	275	30	206	226	324	344
Espessura abdominal	18	260	36	177	201	319	143
Alcance funcional vertical (sentado)	19	1.165	57	1.033	1.072	1.258	1.297
Distância do ombro ao assento	20	595	34	516	539	650	673
Distância do cotovelo ao assento	21	250	28	185	204	296	315
Largura dos ombros (biacromial)	22	300	25	243	260	341	358
Largura dos ombros (bideltóide)	23	445	31	373	394	496	517
Largura das ancas	24	400	27	337	355	445	463
Peso	25	64	10	41	48	80	87

3.4 Ergonomia do ciclismo

Após o estudo feito relativamente à biomecânica do ciclismo e, tendo em conta os dados antropométricos da população portuguesa, foi realizado um estudo da ergonomia na prática deste desporto/lazer. Posteriormente serão referenciadas quais as medidas ideais para o uso da bicicleta, para evitar dores e desconforto causados durante e após a sua utilização.

O primeiro passo para a prática ergonómica do ciclismo é a escolha e regulação correta da bicicleta, para tal, uma das medidas imprescindível a ter em conta é a altura entre pernas ao solo ou, medida de cavalo, esta última vai condicionar a dimensão do quadro e a altura do selim. A altura entre pernas é determinada pelo indivíduo, para tal, este terá de se encostar a uma parede, descalço e com as pernas ligeiramente afastadas e marcar com um lápis a medida ([38] Hinault & Genzling, 1988).

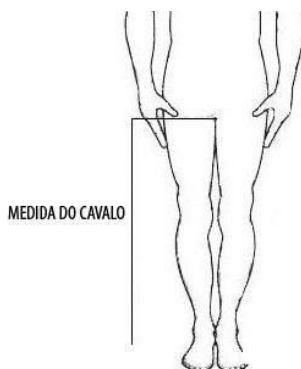


Ilustração 27 - Altura entre pernas (medida do cavalo)

[Fonte: Bike magazine, 2011]

Conhecida a medida do cavalo e multiplicando-a por 0,65 (valor definido) é obtida a medida ideal do quadro, é aconselhado o arredondamento desse valor para baixo, pois este permite uma mais fácil adaptação à bicicleta à nossa anatomia. A altura do selim, como foi referido anteriormente, também depende da altura entre pernas, desta forma multiplicando esta última por 0,885 (valor definido) será possível obter a altura ideal do selim. De notar que esta é medida desde o centro da parte superior do selim até ao centro do eixo em movimento central ([38] Hinault & Genzling, 1988).



Ilustração 28 - Altura do selim

[Fonte: Tiago Cassiano, Regulagem da bicicleta]

A ergonomia demonstra que, na prática de ciclismo, é mais rentável pedalar mais atrás, com um significativo recuo do selim, de que com um selim avançado. Para o correto posicionamento do selim, este tem de estar totalmente alinhado horizontalmente com o chão. Outra das medidas importantes a ter em conta é a distância entre o selim e o guiador, esta distância é medida desde a ponta do selim até ao centro do guiador, podendo ser obtida através da fórmula apresentada abaixo ([38] Hinault & Genzling, 1988)

$$\text{Selim} - \text{guiador} = ((13 \times \text{Entrepernas}) - 270 / 15))$$

Finalmente resta uma última medida a ajustar, a do guiador, esta altura é definida segundo o tipo de ciclismo praticado, competitivo ou de lazer. Para o caso em estudo o tipo de ciclismo a ser considerado é o de lazer, assim, é aconselhada uma posição mais elevada do guiador deixando o peso do corpo sobre o selim, portanto menos desgastante fisicamente ([38] Hinault & Genzling, 1988).

O segundo passo para uma prática correta e ergonómica do ciclismo é a postura. Dependendo da bicicleta e do tipo de ciclismo praticado existe uma postura adequada. Posteriormente serão apresentadas quais as posturas corretas a serem utilizadas em cada caso, Ilustração 29 - Posturas correctas no ciclismo; a) Postura das costas; b) orientação do selim

[Fonte: Humpert & Co., 2012]



Ilustração 29 - Posturas correctas no ciclismo; a) Postura das costas; b) orientação do selim

[Fonte: Humpert & Co., 2012]



Ilustração 30 - Posicionamento correto do pé no pedal

[Fonte: [40] Humpert & Co., 2012]



Ilustração 31 - Ângulos para uma postura ergonómica dos diferentes tipos de ciclismo
 [Fonte: [40] Humpert & Co., 2012]






Capítulo 4 Processo de desenvolvimento do produto



Neste capítulo vão ser abordados vários subcapítulos que permitirão estabelecer os passos para o desenvolvimento da plataforma. Primeiramente será realizado um estudo de mercado relativo às plataformas já existentes e disponíveis no mercado, seguidamente serão recolhidas quais as necessidades dos potenciais clientes, o que permitirá a elaboração da casa da qualidade, numa fase final serão gerados quais os possíveis conceitos para a plataforma assim como será realizado um *design* robusto da plataforma através dos dados e resultados obtidos nas fases anterior.

4.1 Benchmarking

Como foi referido anteriormente a primeira fase para o desenvolvimento da plataforma passará por um estudo de mercado, *benchmarking*. Este último, é um dos mais úteis instrumentos de gestão para as empresas no sentido em que explora quais são os produtos oferecidos pela concorrência e quais as mais-valias desses comparativamente com outros. Este será baseado nas plataformas bases pensadas para o desenvolvimento do produto em questão, neste caso será uma mistura entre bicicleta com o step de ginásio ou elíptica. Neste capítulo serão abordadas quais as especificações dos produtos, a marca e o preço de forma a compreender o que existe no mercado.

Tabela 7 - *Benchmarking* alusivo as bike stepper





Imagem	Modelo	Peso/ Peso adm. [kg]	Dimensões [A x C] [mm]	Materiais	Diâmetro das rodas [polegadas]	Preço [€]	Caract.
	Hammer	18/150	1570 x 1140	Alumínio tratado termicament e	Dianteira:2 4 Traseira: 20	799	Guiador regulável em altura e ângulo; 7 velocidade;
	Junior	13/90	1130 x 850	Aço	Dianteira:1 6 Traseira: 12	469	Guiador estilo BMX; 1 velocidade; 5-8 anos
	Spyder	16/100	1170 x 970	Aço Hi	Dianteira:2 0 Traseira: 16	599	Guiador estilo BMX; 1 velocidade; 9- 13 anos
	Diabolo	18/150	1350 x 830	Aço Hi	Dianteira:2 4 Traseira: 20	799	Guiador estilo BMX; 8 Velocidades
	Work it	18/150	1570 x 1140	Alumínio tratado termicament e	Dianteira:2 4 Traseira: 20	799	Guiador regulável em altura e ângulo; 8 velocidades

	Jack Hammer	16/150	1570 x 1140	Alumínio tratado termicamente	-	1099	Guiador regulável em altura e ângulo; 8 velocidades
	Da Money	16/150	1570 x 1140	Alumínio tratado termicamente	Dianteira: 26 Traseira: 24	2449	Guiador regulável em altura e ângulo; 8 velocidades

*(-): não foram encontrados dados

Nesta análise de *benchmarking* não foi referida a marca dos produtos em questão, visto estes pertencerem à mesma, **3G Stepper Bike**.




Tabela 8 - Benchmarking alusivo as zike stepper

Imagem	Modelo	Peso/ Peso adm. [kg]	Dimensões [A x L x C] [mm]	Materiais	Diâmetro das rodas [polegadas]	Preço [€]	Caract.
	Hot shot	-/45	-	Alumínio e rodas em poliuretano	Dianteira e traseira: 9	\$ 219 ≈ € 164.2	5-8 Anos; Guiador ajustável em altura;
	Fly By	-/54	-	Alumínio e rodas em poliuretano	Dianteira e traseira: 9	\$ 249 ≈ € 186.7	8-12 anos; Guiador ajustável em altura;
	Sling Shot	-/68	-	Alumínio	Dianteira e traseira: 10	\$ 379 ≈ € 284.1	10 anos para cima; Guiador ajustável; velocidade de uma BMX
	Saber	18.1/91	1041.4x647.7x1547	Alumínio	Dianteira: 20 Traseira: 16	\$ 479 ≈ € 359	12 anos para cima; Guiador ajustável; 7 velocidades

*(-): não foram encontrados dados

Nesta análise de *benchmarking* não foi referida a marca dos produtos em questão, visto estes pertencerem à mesma, *Zike stepper*.





Tabela 9 - Benchmarking de bicicletas elípticas

Imagem	Modelo	Peso/ Peso adm. [kg]	Dimensões [A x L x C] [mm]	Materiais	Diâmetro das rodas [polegadas]	Preço [€]	Caract.
	3C	19.1/-	1905x770x 1470	Alumínio 7005 T6	Dianteira e traseira: 20	1799 \$ ≈ 1299.86 €	4 cores; 3 diferentes níveis de resistência
	8C	20/-	1905x770x 1470	Alumínio 7005 T6	Dianteira e traseira: 20	2499 \$ ≈ 1528.18 €	4 cores; 8 diferentes níveis de resistência
	11R	17.9/-	1905x770x 1470	Alumínio 7005 T6	Dianteira e traseira: 20	3499 \$ ≈ 1805.64 €	2 cores; 11 níveis de resistência

*(-): não foram encontrados dados




Nesta análise de *benchmarking* não foi referida a marca dos produtos em questão, visto estes pertencerem à mesma, *ElliptiGo*.

Tabela 10 - Análise de *benchmarking* de plataformas de mobilidade com base no exercício do step

Imagem	Modelo	Peso/ Peso adm. [kg]	Dimensões [C x L x A] [mm]	Materiais	Diâmetro das rodas [polegadas]	Preço [€]	Caract.
	Summit 8r	23,3/181	1740x750x 1470-1500	Alumínio 6061	Dianteira: 18 traseira: 20	\$ 1999 ≈ € 1500	Travões dianteiro e traseiro; dobrável; 8 velocidades ; ajustável
	Sprinter 3r	23,3/158	1740x750x 1470-1500	Alumínio 6061	Dianteira: 18 traseira: 20	\$ 1999 ≈ €1500	Travões dianteiro e traseiro; dobrável; 3 velocidades ; ajustável;
	Eclipse	20/113	1549x711x 1270-1473	Aço carbonado	Dianteira: 18 traseira: 20	\$ 1099 ≈ € 824	Travão traseiro; dobrável; 1 velocidade; ajustável
	Jet (For kids)	115/68	1169x610x 1067-1270	Aço carbonado	Dianteira: 16 Traseira: 18	\$ 599 ≈ € 450	Travão traseiro; dobrável; dos 5 aos 12 anos; 1 velocidade; ajustável

Nesta análise de *benchmarking* não foi referida a marca dos produtos em questão, visto estes pertencerem à mesma, *StreetStrider*.

Tabela 11 - *Benchmarking* de bicicletas elétricas

Imagem	Modelo	Peso/ Peso adm. [kg]	Dimensões [C x L] [mm]	Altura banco/ guiador [mm]	Materiais	Diâmetro das rodas [polegadas]	Preço [€]
	Majestic	22/110	1850x640	83-102 96-124	Alumínio 6061	Dianteira: 24 Traseira: 20	1206.37
	Shelby	22/125	1970x640	88-108 100-125	Alumínio 6061	Dianteira e traseira: 26	1182.17
	Road runner	22.5/120	1770x630	88-114 103-103	Alumínio 6061	Dianteira e traseira: 26	1309.22
	Cuore	22/110	1850x640	83-102 96-124	Alumínio 6061	Dianteira e traseira: 26	1206.37
	Palm beach	22.5/120 0	1800x640	83-105 100-110	Alumínio 6061	Dianteira e traseira: 26	1191.85
	Explorer	20.5/110	1760x650 fechada: 1020x840x 280	100-121 96-104	Alumínio 6061	Dianteira e traseira: 26	1424.17

*Características: Velocidade máxima atingida: 25 km/h; Autonomia: 50 a 60 km; Motor 250 W 36V; Tempo de carregamento: 3 a 4 h;

Nesta análise de *benchmarking* não foi referida a marca dos produtos em questão, visto estes pertencerem à mesma empresa/marca bicicletas elétricas.

4.2 Identificação das necessidades do cliente

Nesta fase do projeto foram recolhidas as potenciais necessidades do cliente, focando-se apenas e exclusivamente nessas de forma a nenhuma delas ser esquecida ou desvalorizada durante o desenvolvimento da plataforma de mobilidade. No entanto as necessidades podem ser consideradas como primárias ou secundárias e posteriormente servirão como base para definição das especificações do produto.

4.2.1 Recolha das necessidades do cliente

Para a recolha das necessidades dos potenciais clientes as empresas atuam de forma direta ou indireta através de diferentes métodos tal como entrevistas, inquéritos, discussões com utilizadores, observação do produto em utilização e ouvindo quais as falhas dadas pelos utilizadores. Neste caso o método ao qual se recorreu foi através da disponibilização de um inquérito *online* para recolha de dados (Ilustração 32). O inquérito é constituído por seis perguntas. Através desse método foi possível recolher quais os fatores que influenciam os possíveis clientes/compradores, assim como quais as necessidades destes, referentes à plataforma a ser posteriormente desenvolvida.

* Required

Indique a sua idade *

Indique o sexo *

☐ Feminino

☐ Masculino

Que factores consideraria importantes na compra deste tipo de plataforma de mobilidade (exemplo de resposta: ser leve, adaptável a vários pisos) *

Que funções ou melhorias relativas as possíveis plataformas aplicaria? (exemplo de resposta: sistema de iluminação)

Quanto estaria disposto a pagar? (exemplo de resposta: 200€) *

Caso a plataforma cumpra com as necessidades esperadas pelo cliente e esteja disponível no mercado, estaria interessado em adquiri-la? *

Indique o nível de importância numa escala de 1 (pouco importante) a 5 (muito importante) das seguintes características *

	1	2	3	4	5
Durabilidade, Robustez	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Leveza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Conforto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Segurança	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fácil manutenção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Arrumação fácil (compacto)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fácil transportar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Design apelativo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Preço acessível	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ilustração 32 - Inquérito disponibilizado *online*

Interpretação dos resultados

De forma a conseguir compreender quais as necessidades do cliente e quais os fatores mais importantes para a definição das especificações do produto, posteriormente definidos, foram analisadas

todas as respostas. De referir que na totalidade responderam 53 pessoas ao inquérito, existindo respostas em branco para algumas das perguntas.

No caso da primeira pergunta, indicar a idade, existe uma percentagem muito semelhante para as idades dos 18 aos 25 para cima, a exceção dos 23 anos, como é possível observar-se no Gráfico 5 (respostas em branco: 8 pessoas).

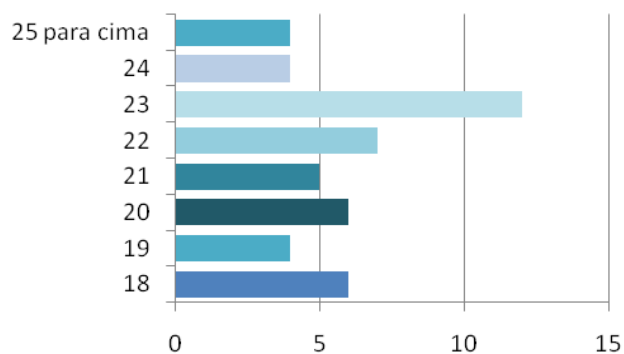


Gráfico 5 - Idades recolhidas através do inquérito

Para a segunda pergunta realizada, indique o sexo, é notória a superioridade do sexo masculino (Gráfico 6), (respostas em branco: 8)

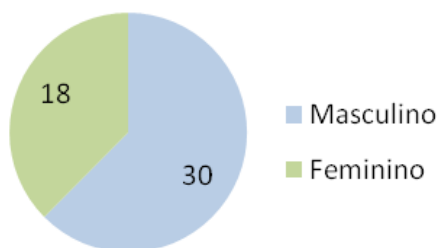


Gráfico 6 - género das pessoas que responderam ao inquérito

Relativamente à terceira pergunta, “que factores consideraria importantes na compra deste tipo de plataforma de mobilidade”, foram recolhidas e agrupadas as necessidades originais de forma a serem convertidas para requisitos que posteriormente serão tidos em conta para as especificações do produto (Tabela 12).

Tabela 12 - Necessidades recolhidas através do inquérito

Necessidade original	Requisito cliente
“Ser adaptável a vários pisos” “Ter um bom rolamento” “Ser versátil” “Poder andar em calçada como em asfalto”	Adaptabilidade a vários terrenos
“Ser fácil de guardar” “Ser compacto” “Ser de fácil compactação como montagem”	Facilidade de arrumação
“Ser leve”	Peso reduzido
“Ser confortável” “Ser ergonómico”	Configuração ergonómica
“Ser seguro”	Segurança
“Ter um bom aspeto” “Ter um design apelativo” “Ser bonito” “Ter uma boa estética”	Design atrativo
“Ser durável” “Ser resistente” “Ter materiais resistentes” “Ser fiável” “Ser robusto”	Estrutura robusta
“Ser barato”	Preço acessível
“Ser fácil de utilizar” “Ser de fácil manutenção” “Ser fácil de manobrar” “Ser portátil” “Ser prático”	Praticabilidade
“Ser pequeno” “Ser pouco espaçoso” “Ser pouco volumoso”	Volume reduzido
“Ter autonomia” “Ter em conta o esforço físico necessário” “Ser rápido”	Estrutura motorizada
“Ser ecológico”	Mobilidade sustentável

Na quarta pergunta, “que funções ou melhorias relativas às possíveis plataformas aplicaria”, resultaram as seguintes respostas:

- Mais robustez e impulso por motor (no caso de uma trotineta);
- Sistema de iluminação e reflectores;
- Facilidade de manuseamento;
- Proporcionar equilíbrio para facilitar o seu uso;
- Redução de atrito;
- Ser compacto (dobrável/desdobrável);
- Possuir amortecimento;
- Ser de fácil aprendizagem;
- Ser multifuncional;

- Possuir um sistema de segurança;
- Sistema de portabilidade;
- Atingir velocidades elevadas com menor esforço;
- Ter um compartimento de arrumação
- Sistema de regeneração de energia (para carregar o telemóvel, por exemplo);
- Sistema sonoro;
- Ser possível levar pequena bagagem.

Como resposta á quinta pergunta relacionada com o valor que um potencial cliente estaria disposto a pagar, os valores obtidos variaram entre os 40 e 600 € como é possível observar-se no gráfico apresentado abaixo (Gráfico 7), (apenas 23 pessoas responderam).

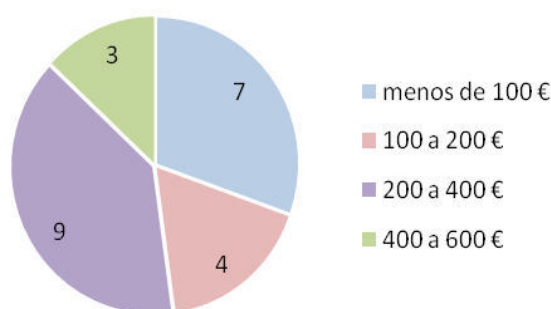


Gráfico 7 - Preços recolhidos através do inquérito

Finalmente para a pergunta número 6, “caso a plataforma cumpra com as necessidades esperadas pelo cliente e esteja disponível no mercado, qual seria o interesse na aquisição da mesma?”, as respostas foram divididas entre o “sim”, “não” e “talvez” (Gráfico 8) e 28 pessoas não responderam.

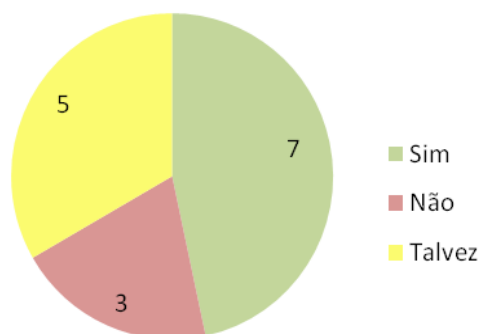


Gráfico 8 - Respostas alusivas a possibilidade de adquirir a plataforma

Por fim, a última pergunta referente ao grau de importância de algumas características, consistia em avaliar e pontuar qual o grau de importância de cada um dos atributos consoante a opinião pessoal, os resultados obtidos estão sob a forma de gráficos (**Ilustração 33**).

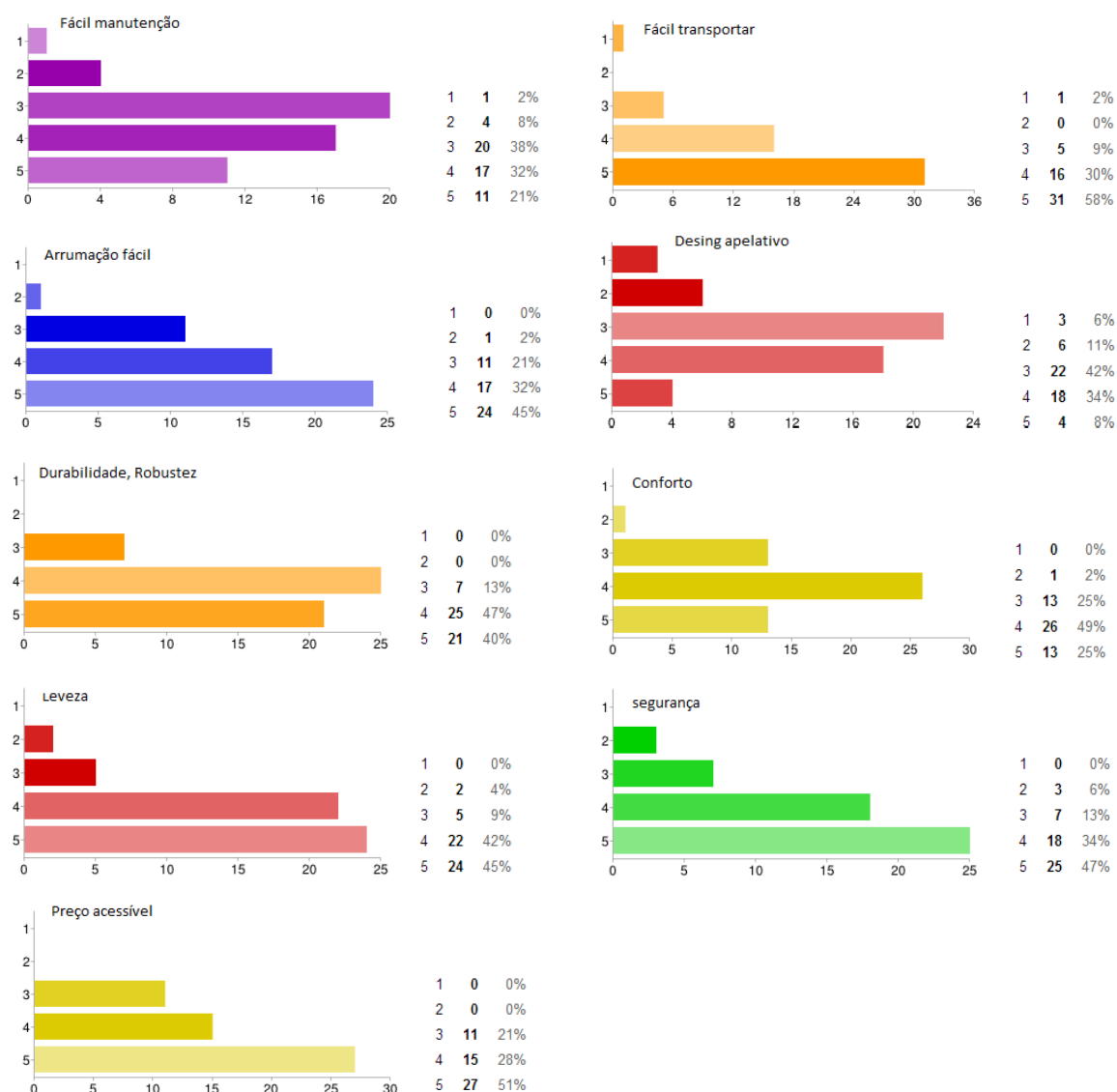


Ilustração 33 -Respostas alusivas ao grau de importância de algumas caraterísticas

Com base nos resultados obtidos na pergunta 3 procedeu-se a contagem de dados de forma a compreender quais as necessidades com maior peso do ponto de vista da população alvo. Posteriormente, essas necessidades transformadas em requisitos serão introduzidas na matriz da casa da qualidade. A contagem de votos está apresentada abaixo no Gráfico 9.

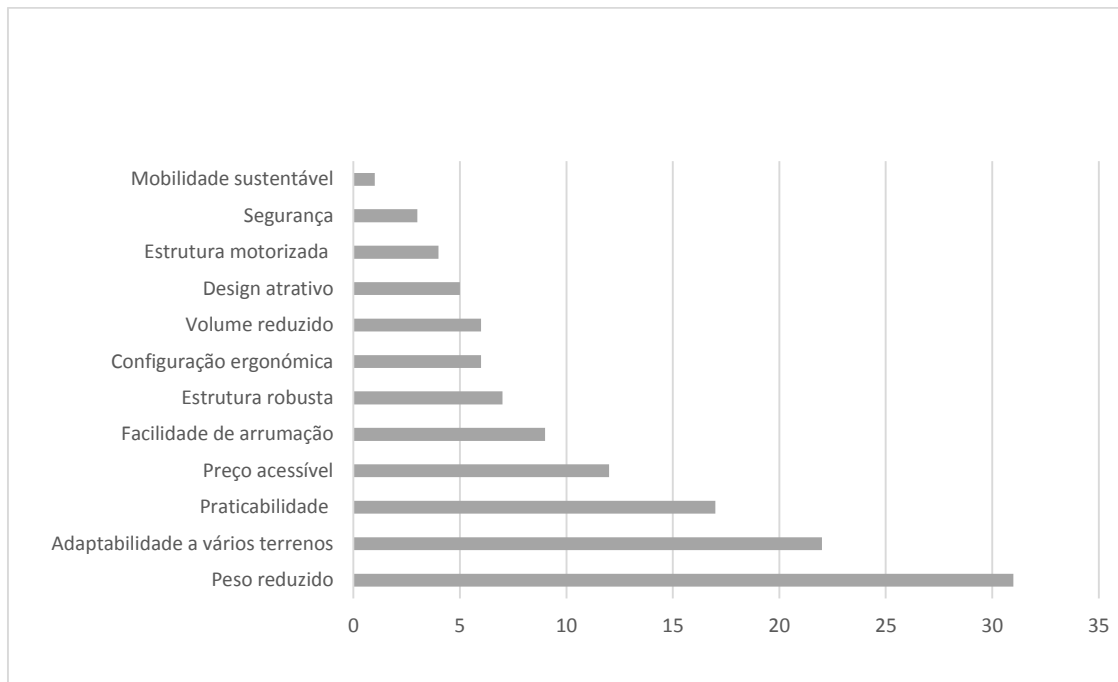


Gráfico 9 - Contagem dos votos atribuídos a cada um dos requisitos

4.2.2 Hierarquização das necessidades do cliente

Identificadas quais as necessidades do cliente e definidos os requisitos foi necessário ordenar de forma hierarquizada os mesmo, para o efeito foi estabelecida uma tabela com os requisitos e suas designações Tabela 13. De seguida foram comparados entre si de forma a definir-se uma ordem de valor. A ferramenta a qual se recorreu para a análise comparativa foi o diagrama de *Mudge*, desta forma será possível avaliar e classificar os requisitos quanto ao seu nível de importância.

Tabela 13- definição dos requisitos e sua designação

Requisito	Designação
Adaptabilidade a vários terrenos	A
Facilidade de arrumação	B
Peso reduzido	C
Configuração ergonómica	D
Segurança	E
Design apelativo	F
Estrutura robusta	G
Preço acessível	H
Praticabilidade	I
Volume reduzido	J
Estrutura motorizada	K
Mobilidade sustentável	L

A	A													
B	A 3	B												
C	A 1	B 0	C											
D	A 2	D 2	C 2	D										
E	E 1	E 3	E 3	E 1	E									
F	A 2	B 2	C 2	D 2	E 3	F								
G	A 1	G 1	C 0	G 1	E 1	G 2	G							
H	H 1	H 2	H 1	H 1	E 2	H 2	H 1	H						
I	A 1	I 0	C 1	D 1	E 2	I 2	I 1	H 1	I					
J	A 1	J 0	I 0	I 1	E 2	J 2	J 1	H 2	I 1	J				
K	A 2	B 2	C 2	D 2	E 3	F 1	G 2	H 1	I 1	K 1	K			
L	A 2	B 2	C 3	D 3	E 3	F 2	G 2	H 2	I 2	J 2	L 1	L		
Total	15	6	10	10	24	3	8	14	7	6	1	1	105	
%	14,29	5,71	9,52	9,52	22,86	2,86	7,62	13,33	6,67	5,71	0,95	0,95	100	
Imp.	2	9	4	5	1	10	6	3	7	8	11	12		

0 - Igualmente
1 - Ligeiramente Superior
2 - Medianamente Superior
3 - Muito mais importante

Diagrama 1 - Diagrama de *Mudge*

A partir do diagrama de Mudge obtiveram-se quais os requisitos com maior grau de importância para posteriormente serem considerados no decorrer do desenvolvimento da plataforma como é visível no gráfico apresentado abaixo (Gráfico 10). Desta forma foi elaborada uma tabela com os requisitos hierarquizados assim como o seu grau de importância (Tabela 14).

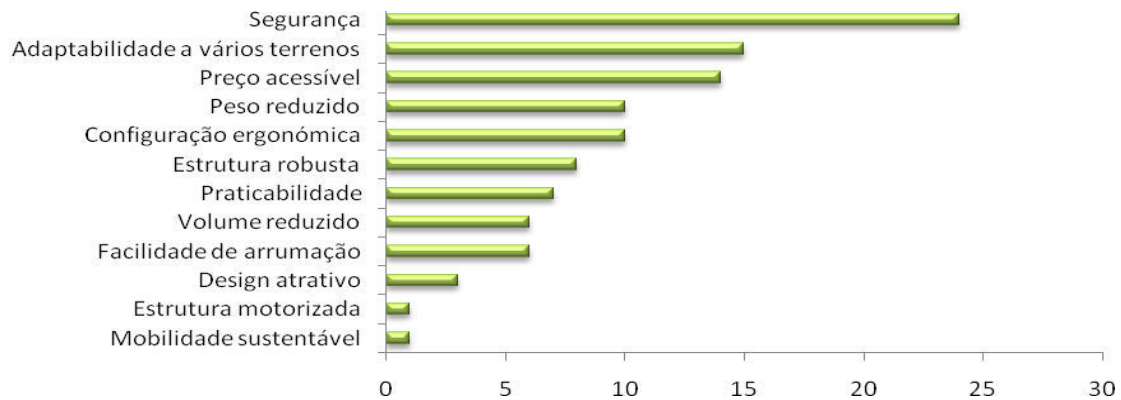


Gráfico 10 - Requisitos hierarquizados obtidos através do digrama de Mudge

Tabela 14- Necessidades do cliente hierarquizadas

Requisitos	Total	Importância	Grau
Segurança	24	1	5
Adaptabilidade a vários terrenos	15	2	
Preço acessível	14	3	
Peso reduzido	10	4	4
Configuração ergonómica	10	5	
Estrutura robusta	8	6	
Praticabilidade	7	7	3
Volume reduzido	6	8	
Facilidade de arrumação	6	9	2
Design apelativo	3	10	
Estrutura motorizada	1	11	1
Mobilidade sustentável	1	12	

4.2.3 Diagrama de Kano

A análise de Kano é uma ferramenta baseada nas necessidades e requisitos do cliente e permite classificar estes como sendo de critério explícito, obrigatório e inesperado. Os requisitos de critério explícito são aqueles que o cliente deseja ter presentes no produto, e têm uma relação linear com o grau de satisfação do cliente.

Os requisitos obrigatórios são aqueles que já são esperados, pois constituem uma característica básica do que está a ser oferecido, não influenciando o grau de satisfação do cliente, no entanto se os requisitos obrigatórios não estiverem presentes no produto poderão gerar muito descontentamento por parte do cliente.

Os requisitos inesperados são aqueles que não são esperados pelo cliente, mas quando presentes no produto agradam e o surpreendem o cliente.

Sendo assim a análise ou diagrama de Kano traduz-se no gráfico de correlação com a existência dos requisitos e o grau de satisfação do cliente [gráfico 6]. O tipo de critério atribuído a cada um dos requisitos foi elaborado tendo em conta o tipo de plataforma a ser desenvolvida assim como aos resultados obtidos através do inquérito realizado.

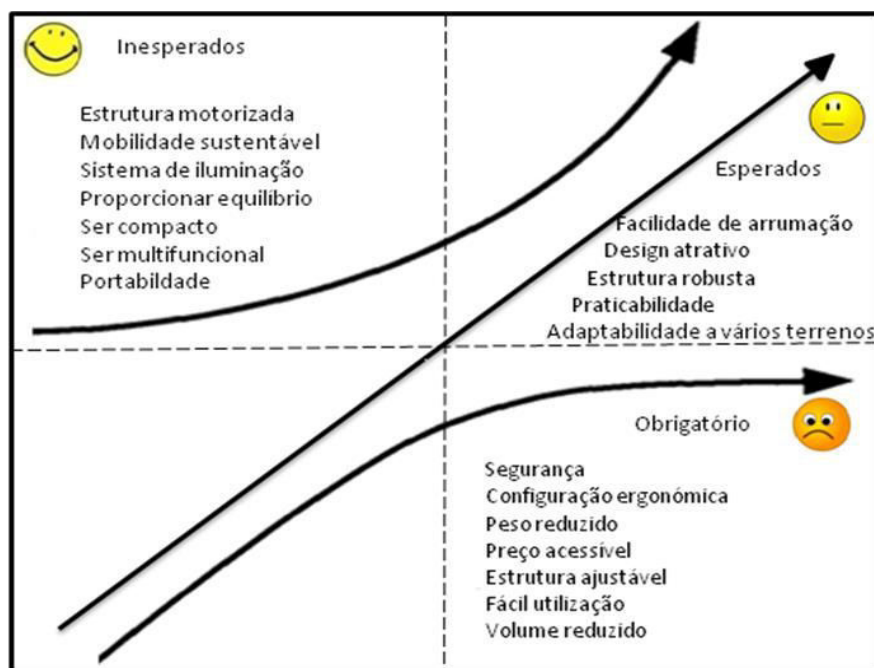


Diagrama 2 - Diagrama de Kano

Através das ferramentas utilizadas anteriormente, diagrama de *mudge* e diagrama de Kano, é possível observar que os requisitos obrigatórios passam pela segurança, configuração ergonómica, peso reduzido, preço acessível, estrutura ajustável, facilidade de utilização e por fim, volume reduzido. Por outro lado a facilidade de arrumação, o *design* atrativo, a robustez da estrutura, a praticabilidade e a adaptabilidade a vários terrenos são considerados requisitos esperados pelo cliente. Por fim como requisitos inesperados tem-se o sistema de iluminação, a estrutura motorizada e sustentável, a compactação, portabilidade, multifuncionalidade.

4.3 Definição dos requisitos do produto

Definidos quais os requisitos do produto com base nas necessidades recolhidas, procedeu-se à interpretação destes de forma a convertê-los em expressões mensuráveis designadas por especificações do produto. Estas visam em proporcionar o melhor meio de resposta às necessidades definidas pelo cliente, desta forma torna-se fulcral realizar uma boa conversão de requisito cliente para requisito produto tendo em conta que posteriormente serão estabelecidas relações entre os mesmos na construção da casa de qualidade.

Tabela 15 - Principais especificações do produto e suas grandezas

Especificações	Grandeza
Altura da estrutura	mm
Largura da estrutura	mm
Comprimento da estrutura	mm
Altura do banco ao solo	mm
Largura do banco	mm
Altura da estrutura compactada	mm
Comprimento da estrutura compactada	mm
Largura da estrutura compactada	mm
Peso máximo admissível	Kg

Peso da estrutura	Kg
Diâmetro das rodas traseiras	Polegadas
Autonomia	Horas
Potência do motor	Watt
Peso do motor	mm
Dimensões do motor	kg
Velocidade máxima	km/h
Rigidez da estrutura	GPa
Número de encaixes	Unidade
Força admissível dos encaixes	Newton
Tempo de montagem	segundos
Número de cores	Unidade

4.4 Casa da qualidade – Matriz QFD

A casa da qualidade é uma ferramenta imprescindível para o desenvolvimento de novos produtos, pois permite interligar todos os processos, ferramentas e recursos utilizados anteriormente. Esta pode, ainda, ser definida como a matriz que executa o projeto da qualidade, organizando as qualidades/necessidades exigidas pelo cliente convertendo-as em requisitos do produto e mostrando correlações entre estes últimos, isto é, a casa da qualidade pode ser vista como um sistema, no qual a entrada é a voz do cliente, e a saída as especificações do produto, ([2] Yoji AKAO, Manual do desdobramento do QFD, 1996).

Para além de inter-relacionar estas informações, será também realizada uma análise com base nos produtos da concorrência presentes no benchmarking. Desta forma serão interpretados os dados da matriz QFD (Quality Function Deployment), o que permitirá reconhecer e identificar quais as oportunidades e pontos menos favoráveis do produto.

Numa primeira fase preencheu-se a matriz de relações entre as especificações do produto e os requisitos do cliente, podendo as relações entre estes serem consideradas fortes (9), médias ou moderadas (3) e por fim fracas (1), (Ilustração 36).

			Correlação entre requisitos de cliente e de produto																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
			● Forte 9 ○ Moderado 3 △ Fraco 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
RC: Requisitos do Cliente	Aparência	Ter um design arrojado e atrativo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●</

Ilustração 34- Matriz de relações entre os requisitos do cliente e especificações do produto

Após estar preenchida a matriz de relações, segue-se a avaliação competitiva e argumentos de venda, nesta fase de preenchimento da casa da qualidade é avaliada qual a posição competitiva no mercado e são identificados quais os pontos fortes relativamente à concorrência. Os pontos favoráveis podem ser considerados como potenciais argumentos de venda, assim como os pontos fracos podem ser prejudiciais, pois a concorrência responde de forma mais eficiente, pelo que esses pontos requerem ações de melhoria. Para esta avaliação as marcas consideradas como principais concorrentes foram: *3G stepper bike*, *EliptiGo*, *Zike Stepper*, *Streetstrider* e por fim as bicicletas elétricas.

A pontuação para a avaliação dos requisitos vai de 1 a 5, sendo 1 pior e 5 melhor, foi definido o argumento de venda com valor de 1 para todos os requisitos, Ilustração 35.

			Bechmarking de Mercado											As células marcadas dessa cor são calculadas		
			Cliente	Kano (Interno)	Grau de Importância (geral)	Nosso Produto	3G stepper bike	Zike stepper	StreetStrider	Bicicletas elétricas	EliptiGo	Plano	Índice de melhoria	Argumento de vendas	Peso absoluto	Peso relativo
RC: Requisitos do Cliente	Aparência	Ter um design arrojado e atrativo	2	L	2	3	4	3	3	4	4	4	1	1,0	3	5
	Manobralidade	Fácil arrumação	4	L	2	3	2	3	3	2	3	4	1	1,0	3	5
		Peso reduzido	5	O	4	3	4	3	3	3	4	4	1	1,0	5	10
		Praticabilidade	5	L	3	3	2	3	3	4	3	4	1	1,0	4	7
		Volume reduzido	3	O	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1,0	3	6
	Robustez	Adaptabilidade a vários terrenos	5	L	5	3	4	2	4	3	4	4	1	1,0	7	12
		Estrutura robusta	4	L	4	3	5	3	5	5	5	5	2	1,0	7	12
		Ser seguro	1	O	5	3	4	4	4	5	4	5	2	1,0	8	15
	Conforto	Configuração ergonômica	3	O	4	3	3	3	3	4	3	4	1	1,0	5	10
		Estrutura motorizada	2	E	1	3	1	1	1	4	1	4	1	1,0	1	2
Custo	Ter um custo baixo	4	O	5	3	3	4	3	3	3	4	1	1,0	7	12	
Sustentabilidade	Mobilidade sustentável	1	E	1	3	5	5	5	5	5	5	2	1,0	2	3	
															54	100

Ilustração 35 - Avaliação competitiva e argumentos de venda

De seguida foi preenchida a matriz correlações entre os requisitos do produto, estas podem ser positivamente forte e fracas, negativamente forte e fraca ou inexistentes, Ilustração 36.

Direcionador de melhoria	
○	não importa a variação do valor
▲	quanto maior o valor melhor
▼	quanto menor o valor melhor

Correlação	
++	Posit. Forte
+	Posit. Fraco
	Inexistente
-	Neg. Fraca
--	Neg. Forte

Ilustração 36 - Matriz de correlações entre os requisitos do produto

Já numa fase final do preenchimento da matriz QFD foi necessário quantificar as especificações do produto comparando os seus valores. Assim, e de forma a tentar enquadrar e posicionar o produto a ser desenvolvido, são definidos quais os valores alvo a serem atingidos, assim como a margem de valores válida para os mesmos (valores máximos e mínimos). A definição dos valores alvo é estipulada através da comparação entre os produtos da concorrência. O objetivo é identificar áreas de sub e sobre dimensionamento que não representam vantagens em relação à concorrência e devem ser aspetos a melhorar. A quantificação dos requisitos do produto encontra-se representada na Ilustração 37.

	Altura da estrutura	Largura da estrutura	Comprimento da estrutura	Altura da estrutura compactada	Largura da estrutura compactada	Comprimento da estrutura compactada	Peso máximo admissível	Peso da estrutura	Diâmetro das rodas dianteiras	Diâmetro das rodas traseiras	Autonomia	Tempo de carregamento	Voltagem do motor	Potência do motor	Peso da bateria	Dimensões da bateria	Rigidez da estrutura	Velocidade máxima	Número de encaixes	Tempo de montagem	Número de cores	Força admissível (encaixes)
Unidade	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	kg	mm	mm	km	h	V	W	kg	mm	Gpa	km/h	unidade	s	unidade	N
3G stepper bike	1570	-	1140	-	-	-	150	16	635	508	-	-	-	-	-	-	70	-	-	-	1	-
Zike stepper	1041.4	647.7	1549	-	-	-	91	18.14	508	406	-	-	-	-	-	-	70	-	-	-	8	-
StreetStrider	1067 -1270	610	1169	457	610	1169	181	23.3	457	508	-	-	-	-	-	-	70	25	1	5	3	100
Bicicletas elétricas	-	650	1760	840	280	1020	110	21	305	660	55	4	36	250	3	360x148x60	70	25	-	-	1	100
ElliptiGo	1470	770	1905	-	-	-	-	20	508	508	-	-	-	-	-	-	72	24	1	-	4	100

Ilustração 37 – Análise da concorrência dos requisitos do projeto

Por fim considerando a quantificação dos requisitos da concorrência, são definidos e apresentados quais os valores para cada especificação do produto definidos anteriormente, Tabela 16.

Tabela 16- Valores alvo das especificações

	Especificações	Grandeza	Valor alvo
Dimensões da estrutura	Altura da estrutura	mm	1250
	Largura da estrutura	mm	755
	Comprimento da estrutura	mm	1800
	Altura do banco ao solo	mm	83-114
	Largura do banco	mm	144
Dimensões para arrumação e transporte	Altura da estrutura compactada	mm	800
	Comprimento da estrutura compactada	mm	1500
	Largura da estrutura compactada	mm	755
	Tempo de montagem	s	20
Peso	Peso máximo admissível	kg	110
	Peso da estrutura	kg	25
Diâmetro das rodas	Diâmetro das rodas traseiras	Polegadas	20
	Diâmetro da roda dianteira	Polegadas	24
Componente elétrica	Autonomia	km	60
	Potência do motor	Watt	250
	Peso da bateria	kg	3
	Dimensões da bateria	mm	360x148x60
	Velocidade máxima	km/h	25
Componentes	Rigidez da estrutura	GPa	70
	Número de encaixes	Unidade	2
	Força admissível dos encaixes	Newton	100
	Número de cores	Unidade	7

Com base na matriz QDF é obtida uma nova hierarquização dos requisitos do cliente, Gráfico 11 onde são visíveis algumas alterações, quanto ao grau de importância dos requisitos, no entanto não

existem mudanças que sejam, de facto, notórias e drásticas, quando comparado com o gráfico obtido através do diagrama de *Mudge*.

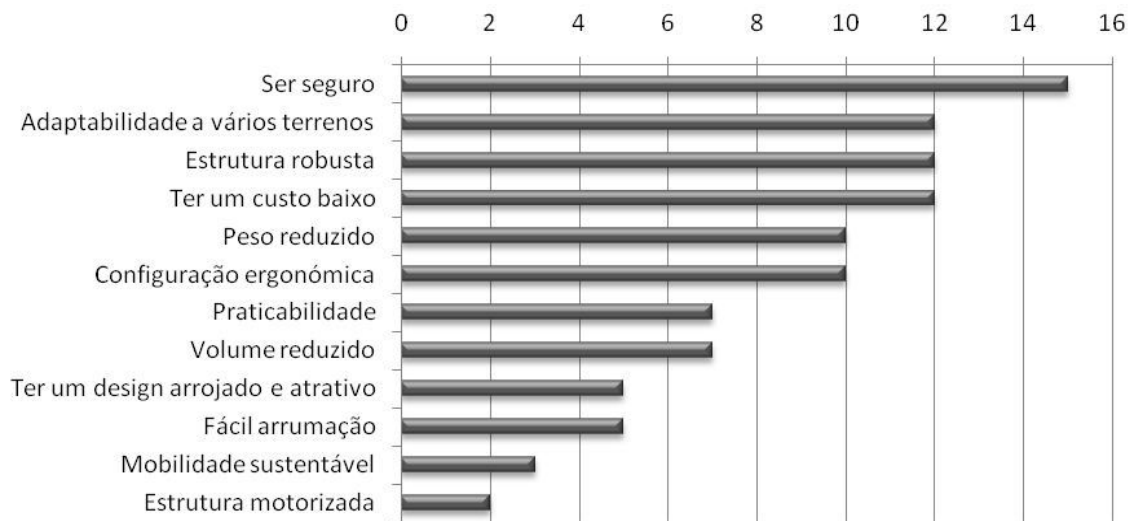


Gráfico 11 – Gráfico do peso relativo dos requisitos de cliente obtidos com base na matriz de qualidade

Outra informação a ser considerada para o desenvolvimento da plataforma de mobilidade é a importância de cada especificação do produto. Esta informação é, também ela obtida, através da análise da casa da qualidade. Assim, foi realizada a hierarquização das especificações por ordem decrescente de importância, Gráfico 12.



Gráfico 12 - Gráfico de importância das especificações do produto a ser desenvolvido, resultante da matriz QFD

4.4.1 Interpretação da matriz

Concluída a matriz QFD é importante fazer uma interpretação dos dados adquiridos durante o processo de preenchimento. Assim, serão referidos quais os aspetos a ter em conta para posterior desenvolvimento e conceção da plataforma de mobilidade.

Linha e coluna vazia

Analisando a matriz de relações entre os requisitos do cliente e características técnicas obtidas conclui-se que não existem linhas vazias o que significa que os desejos e qualidades exigidas pelo cliente foram satisfeitos, assim como não existem colunas por preencher, o que indica que não existe sobredimensionamento, ou seja, não existe uma satisfação exagerada da especificação.

A avaliação competitiva é uma das matrizes mais importantes para o processo de desenvolvimento visto esta permitir situar a posição do produto no mercado, qual o seu impacto no mundo de mercado quando comparado a outras empresas competitivas e qual o plano a ser traçado para o produto, tendo em conta que este é delineado pelo que o consumidor procura e espera numa plataforma de mobilidade urbana. No entanto é necessário analisar se existem e quais são os pontos críticos, assim como, identificar as áreas de oportunidade do projeto e por fim compreender quais os aspetos a serem melhorados.

Pontos Críticos

Os pontos críticos referem-se aos requisitos de elevada importância para o cliente, nos quais o produto a ser desenvolvido se encontra com um valor abaixo da concorrência, neste caso esses requisitos devem ser melhorados de imediato. Na matriz obtida foram detetados alguns pontos críticos relacionados com a praticabilidade, a adaptabilidade a vários terrenos e com o preço, estes requisitos são vistos como características importantes do ponto de vista do cliente.

Pontos de conflito

Os pontos de conflito significam que o requisito está abaixo na avaliação competitiva e acima da concorrência na avaliação técnica, este tipo de situação pode traduzir-se numa satisfação exagerada do requisito e este não ser aproveitado pelo utilizador. No projeto não existem pontos de conflito.

Áreas de oportunidade

Concernente à posição de mercado, são consideradas áreas de oportunidade situações onde a posição competitiva de mercado é débil, quer para a concorrência, quer para o produto a desenvolver. No caso de existirem requisitos com um grau de importância elevado, do ponto de vista do cliente, e o produto a ser desenvolvido apresente uma boa resposta e uma boa solução, estas características devem ser consideradas como argumentos de venda e de marketing.

No caso da plataforma de mobilidade uma das áreas de oportunidade é a estrutura motorizada, tendo em conta que a posição da concorrência, relativamente a este, requisito é fraca. Uma vez que o tipo de projeto a ser desenvolvido apresentará uma vertente de locomoção manual assim como motorizada, permitirá o uso desta em diversas situações sem comprometer a comodidade do consumidor. Este tipo de plataforma motorizada cumprirá ainda com uma mobilidade verde, visto este ser um dos grandes problemas da sociedade, ao qual as pessoas se têm mostrado cada vez mais sensibilizadas. Por fim, o produto poderá ainda ser utilizado tanto num ambiente exterior como interior, permitindo assim ao consumidor aproveitar a sua plataforma tanto para lazer e forma de transporte (no meio exterior), como para desporto e manutenção em casa. As áreas de oportunidades identificadas podem ser vistas como um estímulo para o consumidor pois oferecem características que outros produtos não possuem e estas são vistas como funções inesperadas que agradam pois trazem mais valor ao produto.

Indispensável melhorar

Para além das áreas de oportunidade é também importante identificar quais os requisitos que podem ser vistos como fracos, neste caso é indispensável melhorá-los de imediato para garantir que os mesmos não prejudicam o produto face à concorrência. Neste projeto foram identificadas como características mais fracas, a fácil arrumação e a praticabilidade, uma vez que um dos objetivos desta plataforma é responder às necessidades de clientes que se deslocam em transportes públicos. Alguns produtos da concorrência conseguem responder bem a este requisito, assim, e de forma a não comprometer o produto será indispensável achar boas soluções para satisfazer as necessidades do cliente.

4.5 Geração de conceitos da plataforma

Neste capítulo serão apresentados quais os conceitos de produtos existentes, os conceitos que melhor podem satisfazer as necessidades do cliente e as possíveis melhorias a serem implementadas em soluções já existentes. Seguidamente serão definidas quais as principais funções da plataforma tanto a nível de objetivo como de interação com o utilizador. Para cada uma dessas funções serão procuradas e analisadas quais as soluções mais adequadas e por fim, com base nas possíveis opções de conceitos resultantes desta análise, será possível combinar e classificar as opções mais indicadas para, posteriormente, ser possível definir a arquitetura do produto.

4.5.1 Patentes

Nesta fase do projeto é imprescindível conhecer quais os modelos que já existem no mercado, de forma a compreender quais as características, geometrias e componentes que não são convenientes utilizar aquando a geração de conceitos, assim como as de maior interesse explorar e desenvolver. Consequentemente foi realizada uma pesquisa relativa às patentes. Os modelos abordados apresentam diferentes formas de locomoção, nomeadamente através do esforço dos braços e pernas em simultâneo, aplicação de força dos membros inferiores e por fim um modelo movido apenas por meio de uma bateria, não implicando qualquer esforço físico por parte do utilizador.

O primeiro conceito aqui apresentado (Ilustração 39) como já foi referido acima, é movido através do esforço sincrónico dos braços e pernas, movimento elíptico. Este tipo de plataforma para além de ter como finalidade a prática de exercício também permite ao utilizador locomover-se. Este conceito destaca-se principalmente por três grandes vantagens, nomeadamente o facto de ser uma plataforma estável, tornando a sua utilização mais fácil, a possibilidade de ser usado *outdoor* e *indoor* proporcionando um uso mais completo e sem limitações climatéricas para a prática de exercício físico e, por fim, o facto de trabalhar os membros não só inferiores, caso da bicicleta, como os membros superiores do corpo.

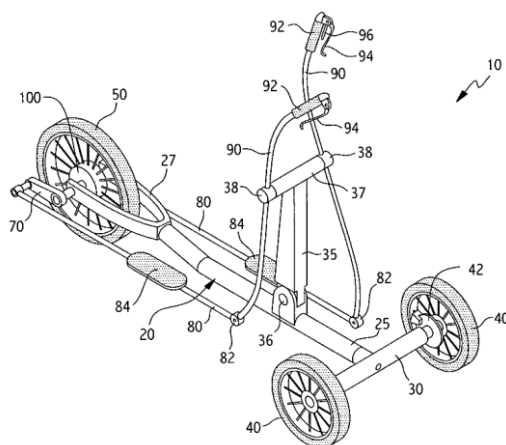


Ilustração 39- Patente USD638485

O segundo conceito é alusivo a um género de bicicleta movido através do movimento de step, a marca responsável pelo produto introduziu um novo *design* quando comparado aos restantes modelos disponíveis, este design envolve um tipo de estrutura inovadora tendo em conta que os outros produtos têm por base a estrutura de uma trotineta (Ilustração 40).

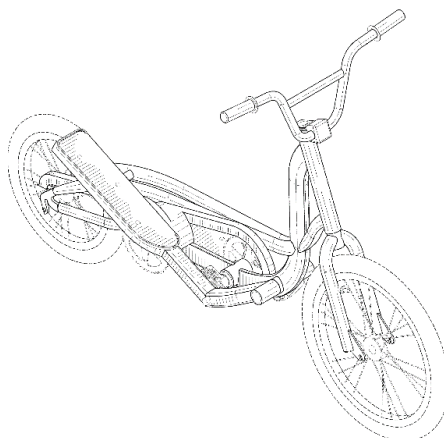


Ilustração 40 - Patente USD638485

O último conceito é referente a uma trotineta elétrica, a direção e o espigão do selim são construídos com amortecedor. Esta trotineta para além de ser de alta qualidade, tem um ótimo desempenho e autonomia, é rápida e tem boa resposta em estradas com inclinação.

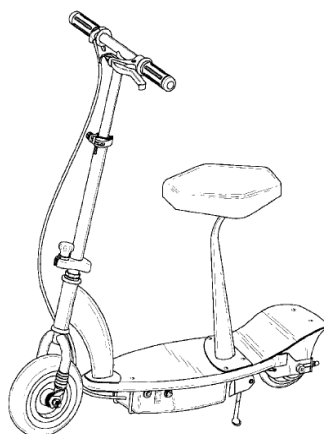


Ilustração 41 - Patente USD513629

4.5.2 Decomposição de funções

Para uma melhor compreensão de como serão relacionados os conceitos gerados, é aconselhável proceder à decomposição do problema inicial em problemas mais simples, facilitando assim o processo de conceção do produto. Esta decomposição de funções passa por clarificar o problema, o que permite uma perceção geral que leva à divisão do problema em sub-problemas. Nesse sentido a decomposição foi realizada tendo em conta o objetivo da plataforma assim como as necessidades do cliente (Diagrama 3), e pelas funções de interação (Diagrama 4).

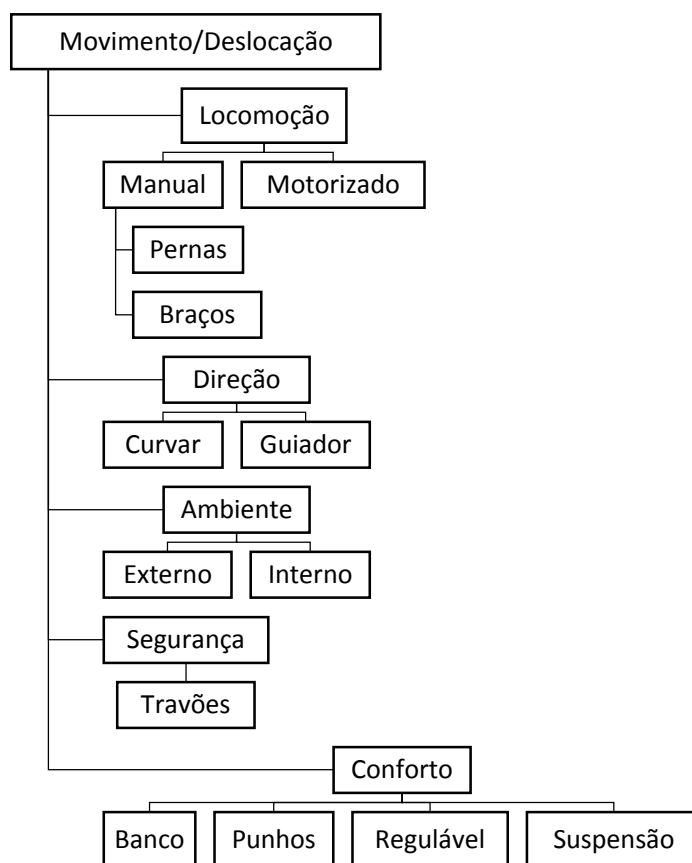


Diagrama 3 - Diagrama de funções principais

A nível de decomposição de funções alusivas a funcionalidade destacaram-se o tipo de locomoção, neste caso subdividido pelo tipo manual e motorizado. A locomoção manual será realizada através do esforço das pernas, ou destas em conjunto com os braços e para proporcionar comodidade ao utilizador optou-se por facultar uma vertente motorizada, por bateria. Quanto à direção, tendo em conta o tipo de plataforma a ser dimensionado, a escolha mais evidente recai sobre o guiador.

De forma a oferecer uma utilização mais completa a plataforma poderá ser utilizada em ambiente exterior e interior permitindo a prática de exercício físico quando o utilizador bem o entender e sem necessitar de ir para o exterior. Finalmente a função de conforto está subdividida em quatro subfunções são estas, o banco, os punhos, a suspensão e regulação de altura dos componentes.

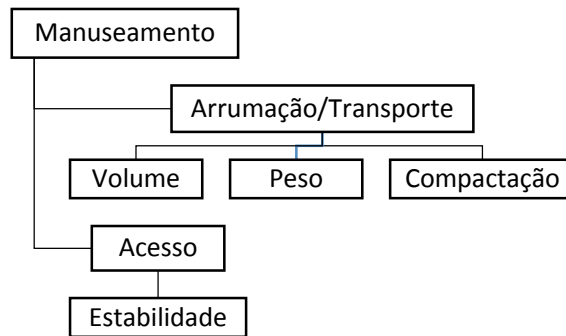


Diagrama 4 - Funções de interação

No que diz respeito á interação produto cliente foram consideradas como funções o transporte e arrumação e o acesso à plataforma. Assim, foi subdividido a primeira função tendo em conta o volume, o peso e a compactação do meio de transporte a ser projetado e quanto ao acesso considerou-se a estabilidade como subfunção.

4.5.2.1 Árvore de classificação de conceitos

Numa fase seguinte, após o problema ser decomposto em funções, são criados conceitos sob a forma de possíveis soluções para cada uma das funções. Assim, torna-se necessário interligar de forma lógica esses conceitos, uma forma eficaz e concisa de o fazer passa pela realização de esquemas como a árvore de classificação de conceitos.

O primeiro diagrama enquadra o tipo de locomoção possível, de notar que estas podem estar todas presentes na plataforma não existindo qualquer tipo de interferência entre elas, isto é, é possível combinar os conceitos entre eles,

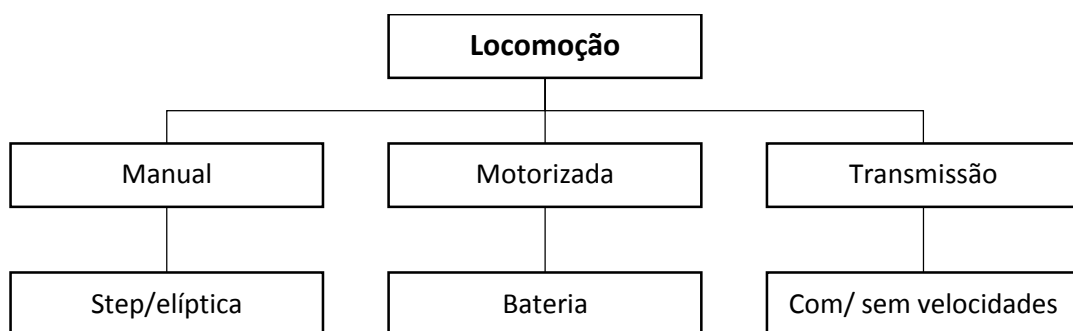
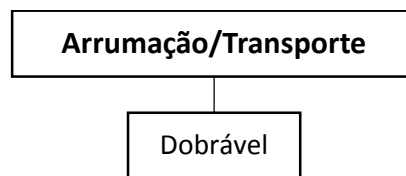


Diagrama 5 - Função locomoção

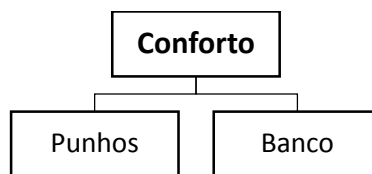
De igual forma a função direção foi decomposta em dois. As opções consideradas para condução da plataforma são através das mãos (guiador) ou pelo corpo (inclinação do utilizador para o lado), Diagrama 6.



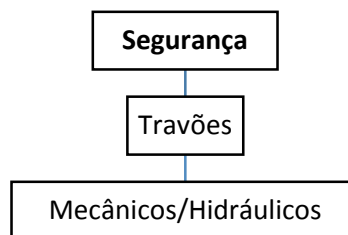
Como resposta a função de arrumação e transporte apenas se propôs uma solução, não existindo muitas opções para o tipo de plataforma em questão.



Para a função conforto as soluções passarão pelos conceitos do banco e escolha de punhos ergonômicos. Apesar de só ser considerado estas duas opções existem outras funções e componentes que também influenciam o conforto proporcionado ao utilizador embora seja de forma indireta.



Por último, para a função segurança serão analisados os possíveis conceitos de travões para a plataforma em questão.



4.5.3 Conceito 1

O primeiro conceito desenvolvido é movido apenas pelo esforço do utilizador, a estrutura assemelha-se à de uma bicicleta. O movimento é transmitido pelo esforço dos membros inferiores e o movimento que permite a transmissão de velocidade à plataforma é o movimento do step. O movimento aplicado pelas pernas é muito semelhante ao de subir escadas, enquanto uma das pernas está totalmente esticada a outra está fletida e vice-versa, este tipo de exercício é muito intuitivo e simples. A direção é

controlada pelas mãos através do guidador. Esta plataforma não possui assento, permanecendo o utilizador em pé durante a sua utilização.

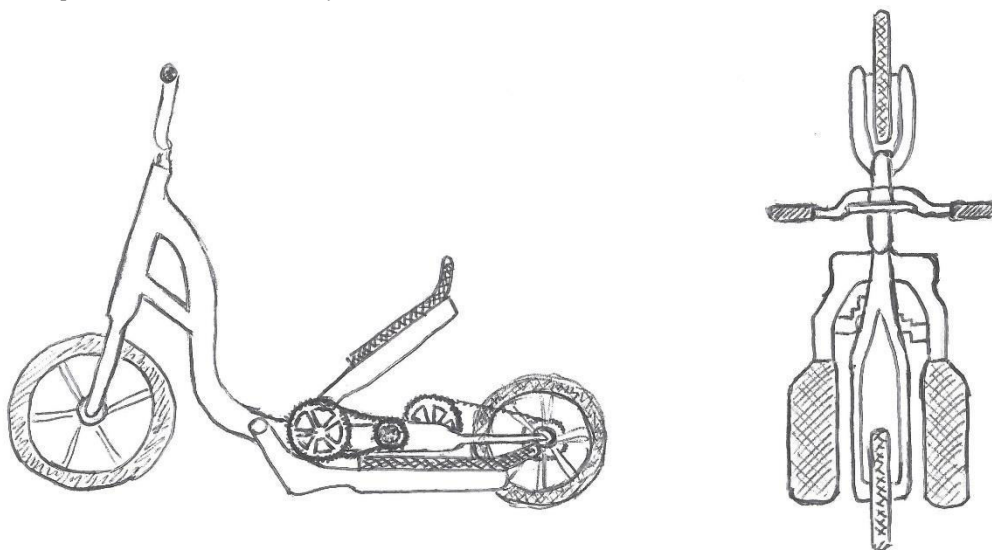


Ilustração 42 - Conceito 1

O sistema de transmissão proposto para este primeiro conceito é composto por dois pares de pratos e duas correntes, dispostos paralelamente, sendo que o prato de menor diâmetro, do primeiro par, está ligado ao prato de maior diâmetro do segundo par e este, através da corrente está ligado ao cassete na roda traseira. A transmissão é realizada através do movimento dos membros inferiores que provocam a rotação do par de pratos através do veio de ligação. Na Ilustração 43 é possível observar-se de forma mais clara o sistema de transmissão.

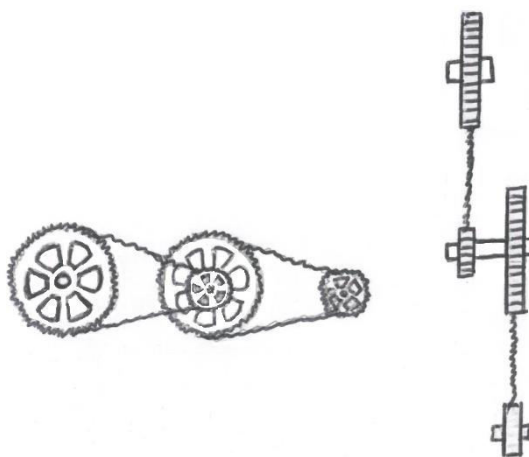


Ilustração 43 - Transmissão do conceito 1

Como foi explicado anteriormente o tipo de locomoção aplicado a plataforma é semelhante ao do step, (ligeiramente igual ao movimento de subir escadas), na figura abaixo está exemplificado qual a postura e o tipo de movimento aplicado sobre a plataforma.

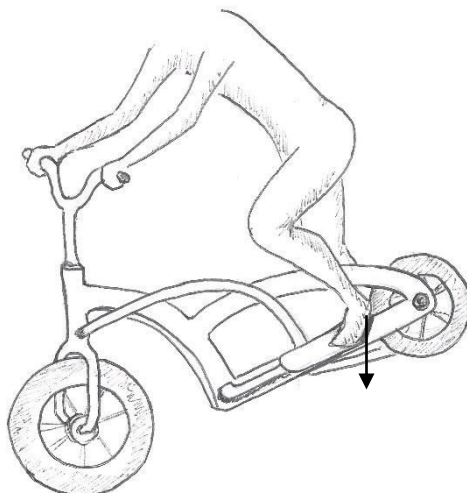


Ilustração 44 - Modo de locomoção – pernas

4.5.4 Conceito 2

O segundo conceito desenvolvido é exatamente semelhante ao primeiro, no entanto este apresenta já a vertente elétrica e a possibilidade de ser inserido assento.

A bateria da plataforma será inserida no interior da estrutura, de forma a não interferir com o movimento realizado aquando da sua utilização no seu modo manual. A bateria poderá ser acionada manualmente através de um botão próprio para o efeito, ao que tudo indica a plataforma terá um dispositivo elétrico junto ao seletor de velocidades, o qual permitirá controlar o grau de velocidade em uso.

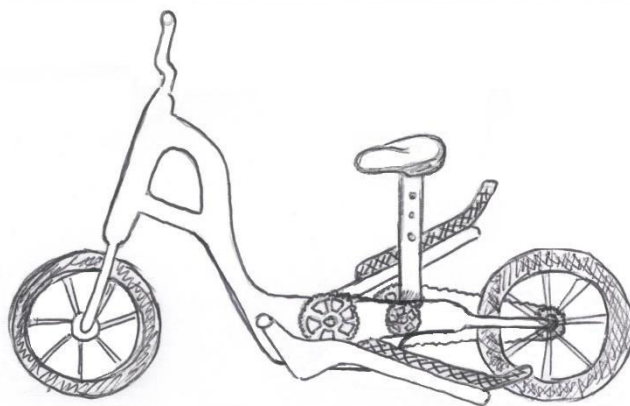


Ilustração 45 - conceito 2

Os conceitos desenvolvidos para o banco estão apresentados na imagem abaixo, o primeiro é um selim simples como os que são utilizados para a bicicleta, o segundo conceito apresentado consiste num género de selim com encosto para as costas de forma a proporcionar algum conforto adicional ao utilizador. E por fim o último conceito desenvolvido é composto apenas pelo encosto para as costas.

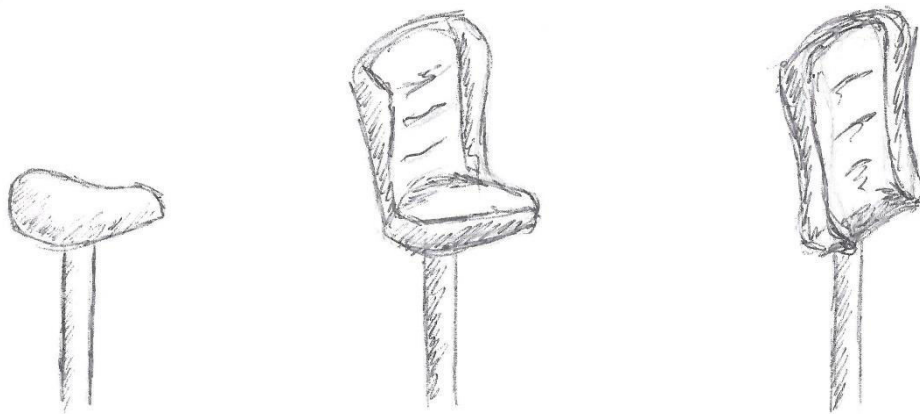


Ilustração 46 - Conceitos elaborados para o banco

Visto o conforto e ergonomia serem critérios e requisitos de elevada importância para potenciais clientes o assento da plataforma deverá ser ajustável de forma a proporcionar uma correta ergonomia durante a utilização da plataforma. Assim foram pensados três possíveis conceitos para ajuste de altura do banco, para além daquele que é já utilizado nas bicicletas. O primeiro conceito é baseado num sistema pino/mola, o segundo é muito semelhante mas o sistema de mola é realizado através do manípulo, este conceito tem a vantagem de possuir um sistema de rosca. Por fim o último conceito é apenas constituído por um sistema de rosca.

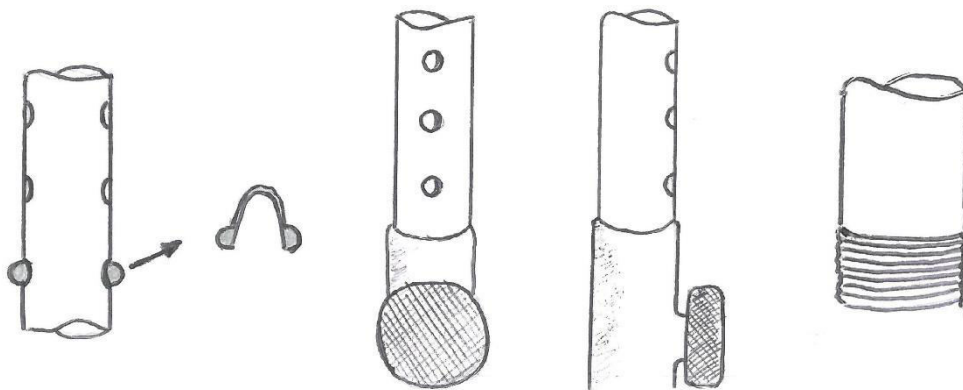


Ilustração 47 - Conceitos para o sistema de ajuste de altura do banco

4.5.5 Conceito 3

O terceiro conceito é um pouco semelhante ao primeiro conceito aqui apresentado, com a diferença da transmissão e movimento necessário para locomover a plataforma assim como a direção. O tipo de exercício aplicado para movimentar a plataforma é semelhante ao da elíptica (máquina de ginásio) que consiste no movimento de braços e pernas em simultâneo, o que faz com que, como o nome indica, o tipo de trajetória realizado pela “pedaleira” seja elíptico. Outra diferença associada a este conceito é o tipo de transmissão que apesar de ser semelhante ao da bicicleta, é realizada pelo braço da plataforma (tubo metálico que suporta a pedaleira) em conjunto com o esforço dos membros superiores, os braços.

Este conceito é composto por três pneus, dois dianteiros e um traseiro, garantindo uma maior estabilidade para qualquer utilizador facilitando a sua utilização. Outro ponto que difere este conceito

do primeiro é o tipo de direção associado, já que a plataforma não possui guidador, esta seria controlada através do curvar do corpo do utilizador.

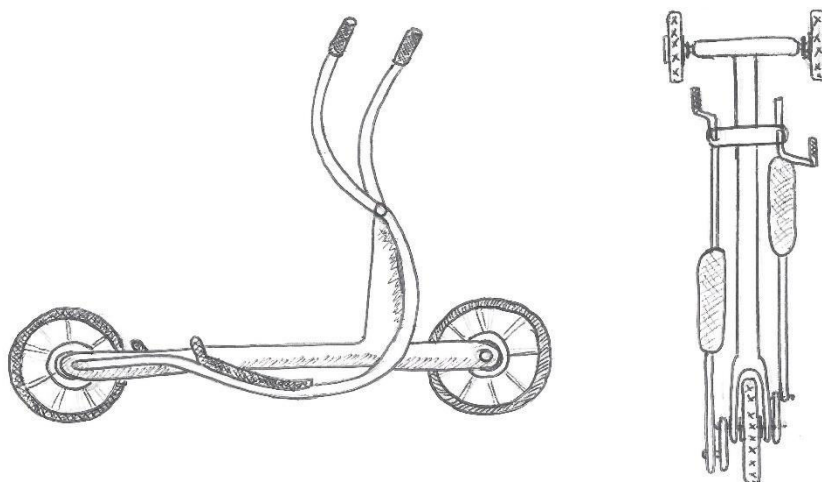


Ilustração 48 - Conceito 3

De forma a compreender melhor o tipo de movimento realizado no Conceito 3 a figura abaixo demonstra de forma simples qual seria a postura e movimentos a realizar para conseguir deslocar-se na plataforma.



Ilustração 49 - modo de locomoção pernas e braços

O tipo de direção inserido neste conceito é controlado, apenas, através da inclinação do corpo, isto é, quando existir a necessidade de virar para um lado o utilizador deverá inclinar ligeiramente os braços elípticos assim como o corpo. Na Ilustração 51 é possível observar o sistema de transmissão descrito.

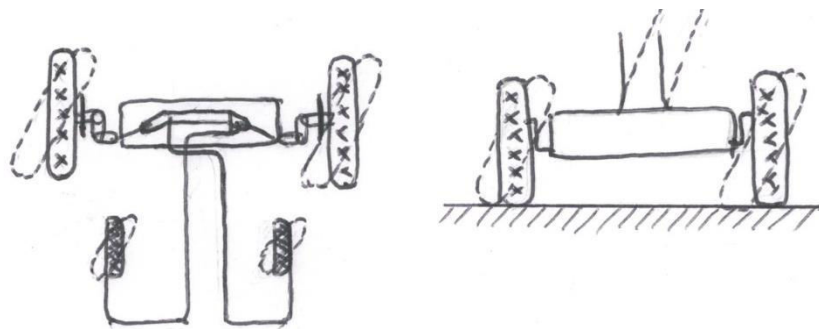


Ilustração 50 - Direção conceito 3

O sistema de transmissão escolhido, este será similar ao da bicicleta comum, constituído por um prato pedaleiro ligado a um cubo de velocidades internas por corrente.

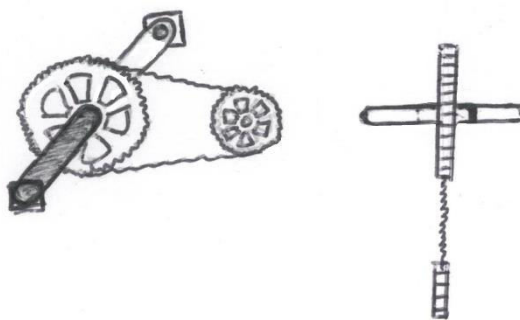


Ilustração 51 - Transmissão conceito 3

Os requisitos com grande peso neste projeto são a possibilidade de arrumação e praticabilidade da plataforma. Estes dois requisitos podem ser traduzidos no facto de ser prático transportar e arrumar o veículo de locomoção, tanto em casa, como no local de trabalho, mas principalmente nos transportes públicos. Dentro das patentes aqui apresentadas (4.5.1) as únicas plataformas que apresentam uma forma de arrumação são a *streetstrider* e a *vego*, sendo que a solução que ambas apresentam é o facto de o guiador ser dobrável, sendo este rebatido sobre a parte traseira da plataforma. Desta forma foi elaborado um conceito semelhante, como é possível visualizar na imagem abaixo. Este princípio de dobragem possui uma junta dobrável para o efeito.

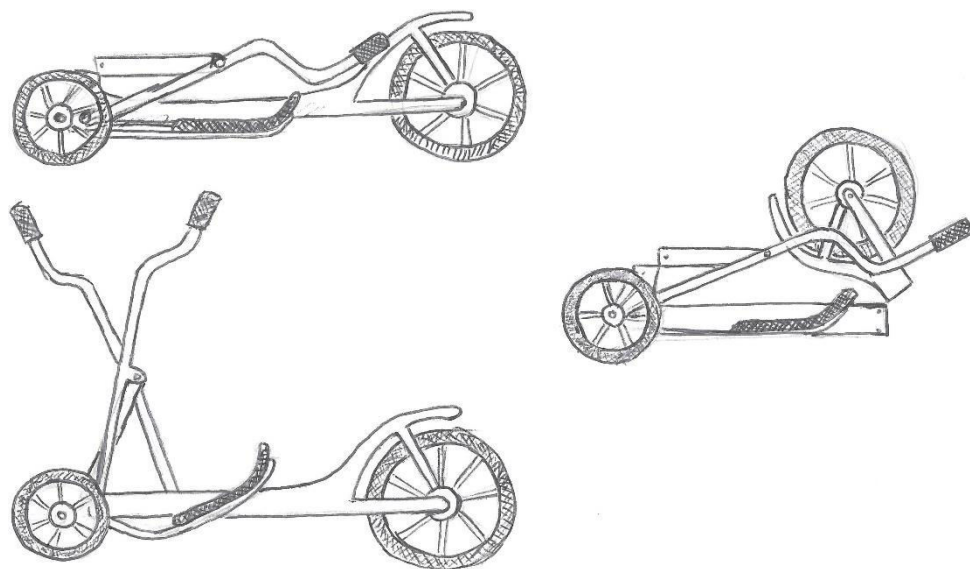


Ilustração 52 - Conceito de dobragem para arrumação

4.5.6 Seleção de conceitos

Concluída a decomposição de funções, a árvore de classificação de conceitos e por fim após serem definidos vários conceitos como forma de resposta às funções, é necessário interligar os conceitos entre eles de forma a, seguidamente, selecionar quais as melhores opções para a plataforma a ser desenvolvida.

No projeto em questão é possível combinar qualquer solução de função entre elas não havendo qualquer entrave ou interferência.

Após serem apresentadas todas as possibilidades de conceitos para as funções e componentes mais relevantes para o desenvolvimento da plataforma é necessário selecionar quais os conceitos a abandonar, os que continuam mas necessitam de melhorias e, por fim, os conceitos que devem obrigatoriamente continuar no projeto. Para tal foram escolhidos os critérios de seleção que iriam, posteriormente, ajudar a selecionar quais os possíveis conceitos que seriam mais apropriados para cada uma das funções, para a realização desta seleção foi atribuída uma pontuação e foram avaliados os rankings.

4.5.6.1 Função locomoção

A Tabela 17 caracteriza a matriz de seleção para o modo de locomoção da plataforma, foram consideradas como hipóteses movimento de pernas, movimento de pernas e braços, movida eletricamente, movimento de pernas com alternativa do modo elétrico e por fim, movimento pernas e braços com vertente elétrica.

Tabela 17 - Matriz de seleção para o tipo de locomoção

Modo de locomoção					
Critério de seleção	Pernas	Braços	Elétrica	Elétrico combinado com pernas	Elétrico combinado com pernas e braços
Facilidade de uso	0	-	+	+	+
Facilidade de implementação	0	-	0	0	-
Versatilidade	0	0	0	+	+
Esforço físico necessário	0	-	+	+	+
Ergonomia	0	0	0	0	0
Conforto	0	-	+	+	+
Soma +	0	0	3	4	4
Soma -	0	-4	0	0	-1
Pontuação	0	-4	3	4	3
Ranking	4	5	2	1	3
Continua?	Não	Não	Melhorar	Sim	Não

4.5.6.2 Função direção

Para o sistema de direção os possíveis conceitos são por movimento de braços (guiador) ou por inclinação do corpo como é possível verificar na Tabela 18.

Tabela 18 - Matriz de seleção para o sistema de direção

Sistema de direção		
Critério de seleção	Movimento de braços	Inclinação do corpo
Eficácia	0	-
Facilidade de implementação	0	-
Ergonomia	0	0
Nível de destreza	+	-
Soma +	1	0
Soma -	0	-3
Pontuação	1	-3
Ranking	1	2
Continua?	Sim	Não

4.5.6.3 Função Velocidade

No que diz respeito à velocidade da plataforma esta poderá possuir uma só velocidade (monocarreto), uma cassete de velocidades, velocidades internas no cubo e por fim através de uma bateria. No entanto será possível combinar a bateria com qualquer uma das outras opções, Tabela 19

Tabela 19 - Matriz de seleção para a velocidade

Velocidade			
Critério de seleção	Bateria	Cubo	Cassete
Peso	0	+	0
Manutenção	0	+	0
Fiabilidade	0	+	0
Durabilidade	+	+	0
Custo	-	-	+
Autonomia	+	0	0
Soma +	2	3	1
Soma -	-1	-1	0
Pontuação	1	2	1
Ranking	2	1	3
Continua?	Combinar	Sim	Não

A Tabela 20 apresentada abaixo apresenta os conceitos alusivos ao seletor de velocidades, sendo este através da rotação do manípulo do punho ou então através do movimento do dedo, este tipo de seletor são comuns nos produtos apresentados no capítulo 4.1 e em produtos do mesmo género, como é o caso da bicicleta.

Tabela 20 - Matriz de seleção para o seletor de velocidades

Seletor de velocidades		
Critério de seleção	Rotação do punho	Movimento do dedo
Facilidade de utilização	0	0
Durabilidade	0	0
Facilidade de implementação	0	0
Eficiência	-	+
Soma +	0	1
Soma -	-1	0
Pontuação	-1	1
Ranking	2	1
Continua?	Não	Sim

4.5.6.4 Função segurança

No que diz respeito ao sistema de travagem os conceitos considerados são os que já existem como é possível verificar-se na Tabela 21.

Tabela 21 - Matriz de seleção para o sistema de travagem

Segurança – Sistema de travagem			
Critério de seleção	V-Brake	Mecânicos	Hidráulicos
Eficiência	+	+	0
Fiabilidade	+	+	+
Durabilidade	0	0	0
Facilidade de implementação	+	0	0

Soma +	3	2	1
Soma -	0	0	0
Pontuação	3	2	1
Ranking	1	2	3
Continua?	Sim	Melhorar	Não

4.5.6.5 Função conforto

Como foi referido anteriormente, na geração de conceitos, são propostas três soluções para o conforto do utilizador durante a utilização, sentado, da plataforma. Na Tabela 22 são analisados, tendo em conta os critérios de seleção, os três conceitos apresentados.

Tabela 22 - Matriz de seleção para o banco

Conforto - banco			
Critério de seleção	Selim	Selim com encosto	Encosto
Ergonomia	+	-	-
Conforto	0	+	-
Durabilidade	0	0	0
Facilidade de implementação	0	-	0
Soma +	1	1	0
Soma -	0	-2	-2
Pontuação	0	-1	-2
Ranking	1	2	3
Continua?	Sim	Melhorar	Não

4.5.7 Conceito selecionado

- **Transmissão**

A transmissão da plataforma será semelhante a de uma bicicleta, ou seja, por corrente. Para tal terá um seletor de mudanças que permitirá escolher o andar das engrenagens da transmissão no cubo traseiro da roda.

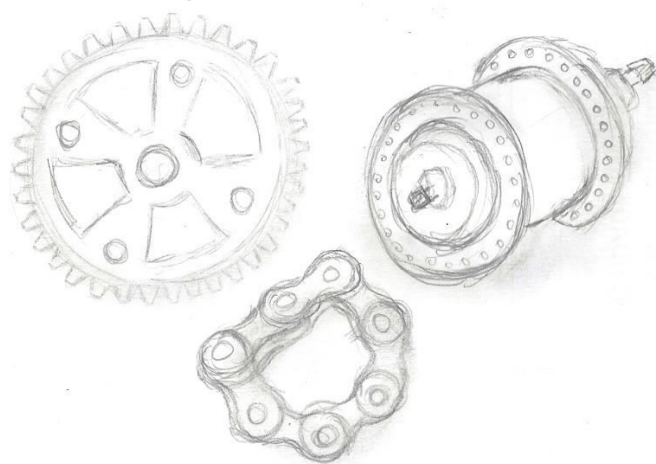


Ilustração 53 - Sistema de transmissão

- **Fixação de banco e banco**

A fixação do banco será através de um aperto rápido, mesmo sistema usado nas bicicletas, desta forma permite-se ao utilizador uma forma rápida de montagem sem comprometer a estabilidade e conforto da plataforma.

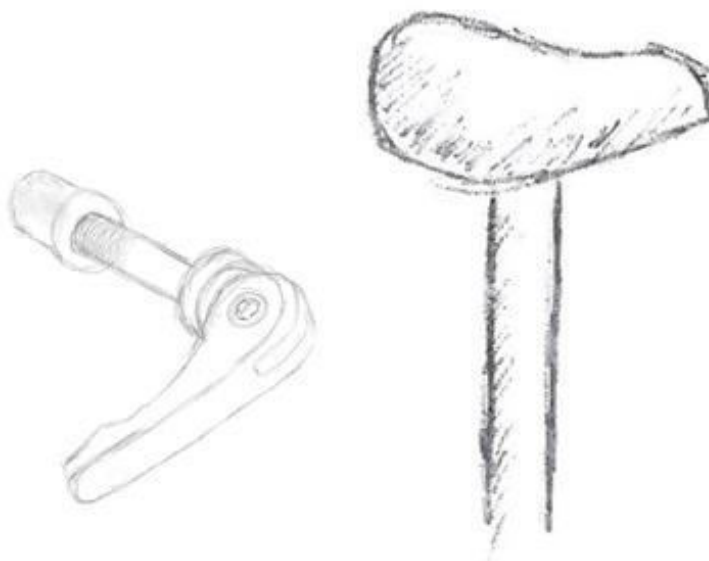


Ilustração 54 - Fixação do banco

- **Dobragem do chassis**

A dobragem da estrutura da plataforma será realizada através de uma junta dobrada com um aperto rotativo de encaixe.

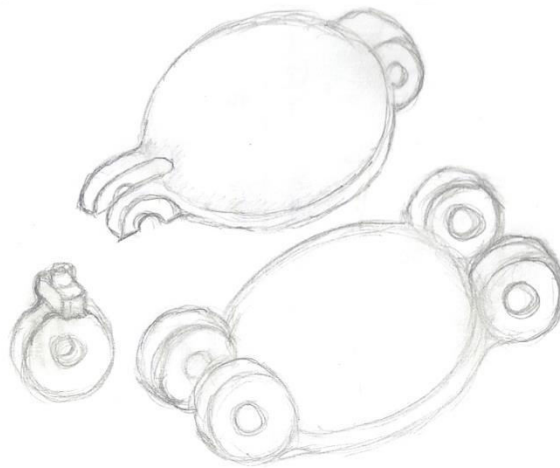


Ilustração 55 - Junta dobrável

- **Sistema de travagem**

O sistema de travagem resultante da tabela de seleção foi o travão v-brake.

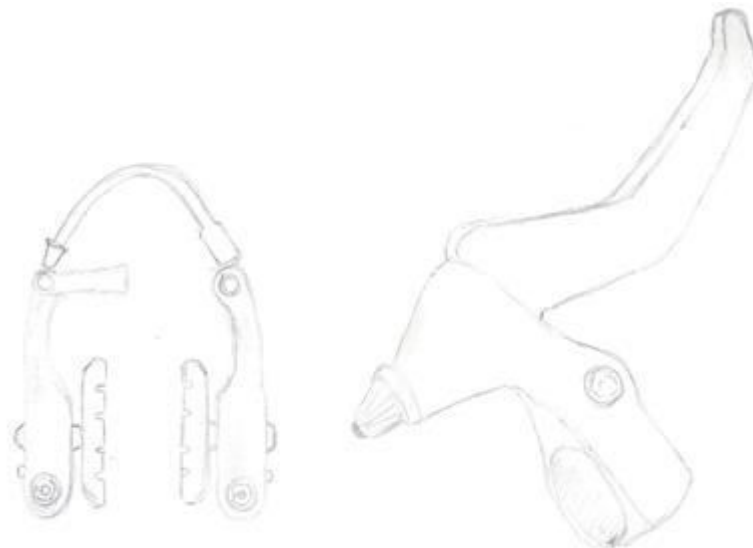


Ilustração 56 - Sistema de travagem

- **Tipo de locomoção**

Dentro do conjunto de soluções apresentadas para o tipo de locomoção, o conceito escolhido para a plataforma foi através do esforço dos membros inferiores, as pernas combinado com a bateria elétrica. O tipo de movimento a ser realizado será o elíptico, como se tem vindo a referir no presente trabalho.

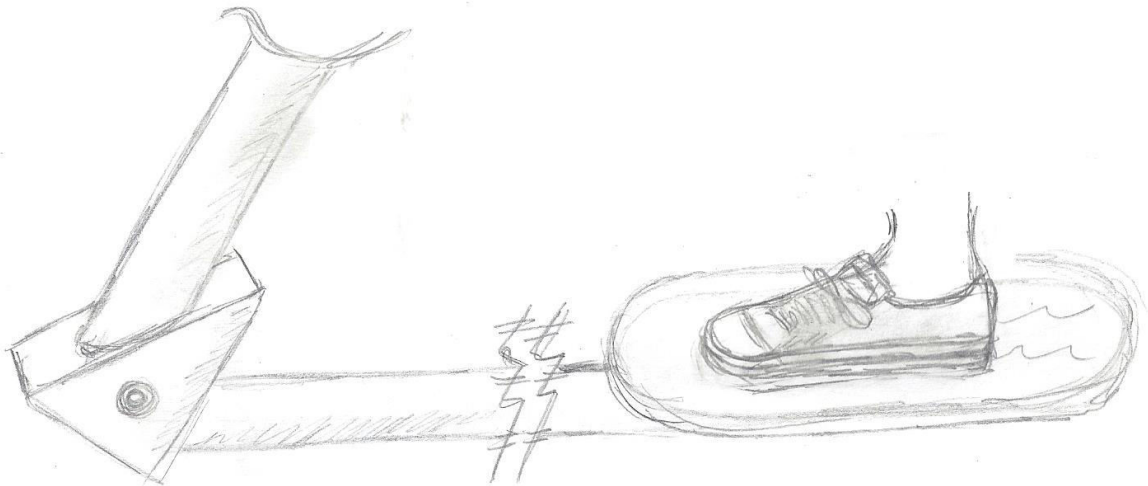


Ilustração 57 - Tipo de locomoção

- **Mudanças**

Por último para a possibilidade de controlar e escolher a intensidade do movimento as mudanças selecionadas para o dispositivo foram de dedo.



Ilustração 58 – mudanças

4.6 Arquitetura da plataforma

Um produto pode ser pensado em termos funcionais e físicos. Os elementos funcionais são aqueles que executam operações ou transformações contribuindo para o desempenho global do produto. Por outro lado os elementos físicos são as peças, componentes e subconjuntos que exercem as funções do produto, estes podem ser organizados em vários blocos, sendo que cada bloco é composto por um certo conjunto de componentes que executam determinadas funções. Os elementos físicos tornam-se mais definidos à medida que o desenvolvimento de produto avança. Alguns elementos físicos são ditados pelo conceito do produto e outros são definidos durante a fase de desenho de definição.

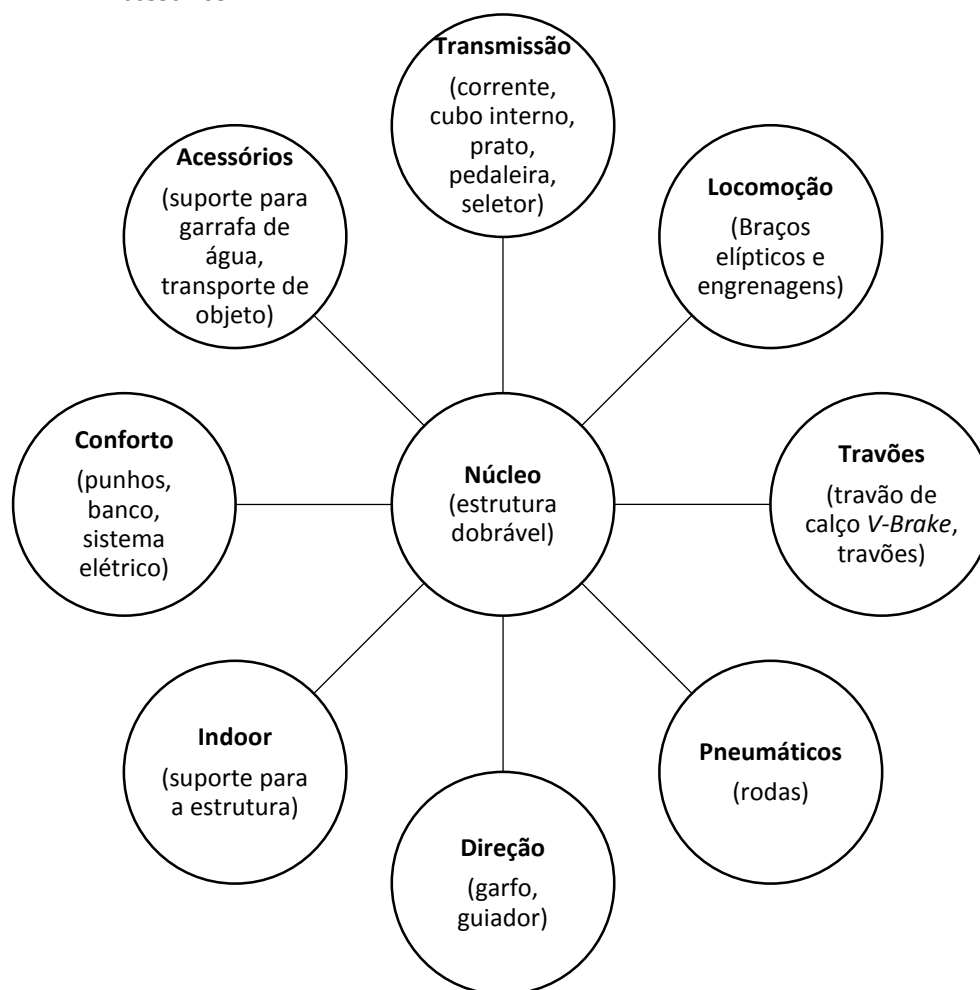
A arquitetura do produto pode ser classificada em modular e integrada (Amaral, 2006). Neste capítulo serão definidos os vários módulos integrantes na plataforma, bem como será definido um plano de diferenciação.

4.6.1 Módulos

Segundo Amaral ([4] (AMARAL, et al., 2006)) a arquitetura modular caracteriza-se por cada um dos módulos desempenharem uma ou mais funções, não existindo mesmas funções entre dois ou mais módulos. A arquitetura modular define, ainda, que as interações entre módulos sejam bem definidas e fundamentadas para a realização global do produto. Neste tipo de arquitetura podem ser realizadas alterações num ou em mais do que um módulo não sendo necessário modificar os restantes para o correto funcionamento do produto.

A plataforma a ser desenvolvida será constituída por uma estrutura modular, sendo que cada um dos módulos definidos corresponderá a um sistema de funcionamento diferente. Assim o nosso produto será definido pelos módulos seguintes:

- Estrutura dobrável;
- Sistema de transmissão;
- Sistema de locomoção;
- Sistema de travagem;
- Sistema de pneumáticos;
- Sistema de direção;
- Sistema indoor;
- Conforto;
- Acessórios.



4.6.2 Plano de diferenciação

A diferenciação de um produto cinge-se à possibilidade de poder oferecer aos clientes alternativas e vertentes diferentes em relação ao produto base, marcando assim uma posição competitiva no mercado. Este tipo de diferenciação a nível de características do produto pode ser realizado em duas etapas, nomeadamente na fase de fabricação e na de entrega do produto ao cliente.

Neste projeto surgem vários aspetos no processo de diferenciação, particularmente:

- O produto central assume-se como base estrutural para todos os componentes e produtos diferenciados. Neste caso o componente base desta plataforma será o quadro dobrável.
- É possível variar os componentes de cada módulo sem alterar os módulos definidos anteriormente.
- O produto a ser desenvolvido apresenta uma vertente indoor para além do seu objetivo base, mobilidade urbana.
- É possível recorrer a vários tipos de locomoção:
 - Apenas através do esforço físico realizado pelo utilizador;
 - Apenas movido eletricamente;
 - Através do esforço físico e eletricamente.

Vertente indoor

De forma a trazer ao cliente um uso completo da plataforma, surge a necessidade de criar uma alternativa de uso quando, devido a condições climáticas, o produto não possa ser utilizado. Assim propõe-se uma vertente indoor para uso do produto em casa, possibilitando ao consumidor a prática de exercício físico. Esta vertente de utilização garante um controlador de resistência variável assim como os suportes para a estrutura. A possibilidade de usufruir da plataforma em diferentes meios e situações permite um uso mais completo para o utilizador.

Locomoção

Devido ao enquadramento deste projeto o tipo de locomoção será realizada através do esforço físico combinado com uma bateria elétrica. Assim, é garantida a total integração da plataforma no tipo de mobilidade urbana sustentável com a possibilidade de ser acionada eletricamente, proporcionando mais comodidade e rapidez quando assim for necessário.

4.7 Design industrial

O objetivo do *design* industrial passa por diversos fatores, no entanto a importância deste baseia-se principalmente na ergonomia e estética. Assim, o *design* industrial é o método de desenvolver um produto considerando todas as necessidades do cliente, conjugando e implementando melhorias a nível ergonómico e estético de forma a criar um produto que seja atrativo, fácil de usar e intuitivo. Nesse sentido cada característica do produto deve ser conformada de forma a transmitir qual a sua função, além disso, o produto deve ser concebido de forma a comunicar como é possível reparar e prolongar o tempo de vida do mesmo. Outro dos fatores importantes a ter em conta é o baixo custo, pois as formas e funções têm um grande impacto nos custos das ferramentas e produção, por isso durante a fase de *design* industrial devem ser considerados. Para além disso o *design* industrial do produto deve conseguir transmitir o seu conceito através da sua imagem.

4.7.1 Versão normal

Segurança

Visto a segurança ser uma das características e necessidade mais importantes é necessário garantir que a plataforma de mobilidade seja robusta, para além de ser essencial acrescentar outras soluções como garantir que durante a utilização em modo elétrico não haja interferência com o modo manual, como a possibilidade de um tranco para o efeito, no entanto este último não será necessário, já que qualquer um dos modos de locomoção escolhido, tanto elétrico como por esforço, não interferem um com o outro podendo até mesmo serem combinados para que o próprio utilizador possa moderar o esforço físico realizado.

Facilidade de utilização

A facilidade de utilização também foi uma das necessidades com pontuação elevada para o cliente. Esta necessidade implica a garantia de que a plataforma seja intuitiva aquando da sua utilização. Para tal o sistema de locomoção será semelhante ao da elíptica, que é um movimento próximo ao da marcha e todo o sistema mecânico será semelhante ao da bicicleta oferecendo um dispositivo *userfriendly*.

Estética

Apesar da estética não mostrar tanto relevo quando quantificado pelo cliente, este aspeto acaba por ser, também ele, importante, pois é o aspeto visual o primeiro contacto estabelecido entre o produto e o cliente. Consequentemente torna-se importante ter uma plataforma apelativa e atrativa, oferecendo um bom *design* e uma vasta linha de cores, acessórios e possibilidade de personalização, tentando sempre manter um equilíbrio entre o aspeto e o custo associado.

Componentes standardizados

Os componentes standardizados estão presentes em vários dispositivos de mobilidade, pois é mais vantajoso optar por adquiri-los invés de os fabricar, assim para o desenvolvimento deste dispositivo, estes também serão utilizados. Para além de diminuir os custos de fabrico, os componentes standardizados facilitam e garantem uma manutenção e substituição mais acessível a nível de custos. Outra das vantagens no uso desses componentes é a interação entre eles e o utilizador, pois a utilização do dispositivo acaba por ser mais intuitiva durante o seu uso. Por fim, o facto de existirem componentes individuais adquiridos à parte, permite explorar a modularidade e até mesmo dar ao utilizador a possibilidade de trocar determinadas peças e componentes.

Sistema de transmissão

O sistema de transmissão é semelhante ao de uma bicicleta comum, o que permite ao utilizador entender melhor os componentes. O sistema de velocidades escolhido para a plataforma foi o cubo de velocidades interna (*shimano nexus* 8 velocidades), que apresenta vantagens evidentes em relação à cassette, tal como a durabilidade, a baixa necessidade de manutenção, o facto de ser mais limpo, acrescentando o facto de ser necessário menos componentes o que o torna mais leve. Como já foi referido o sistema de transmissão funciona de igual forma ao de uma bicicleta, ou seja, o movimento é gerado pelo esforço do utilizador que ao realizar o movimento elíptico dos braços aciona a rotação de uma roda dentada, neste caso do prato pedaleiro, que por sua vez, e através da corrente é transmitido para a engrenagem do cubo de velocidade adaptado ao eixo da roda traseira do dispositivo, transmitindo circulação à roda traseira.

Para uma alteração de força de movimento gerado, o utilizador poderá fazê-lo através do manípulo de mudanças que irá forçar a corrente a passar para uma engrenagem diferente consoante o esforço pretendido. Ainda relativamente à necessidade de variação de velocidade, é o cubo interno de

velocidades que permite essa função. Dado que o prato pedaleiro possui 53 dentes e a roda dentada que está ligada à corrente e, transmite o movimento para o cubo, varia entre os 16 e 23 dentes, é possível alcançar-se relações de transmissão entre 1:3.3 e 1:2.3. Esta variação da relação de transmissão possibilita ao utilizador variar o nível de força exercido nos braços elípticos da plataforma, assim como permite aumentar ou diminuir o nível de dificuldade do movimento, o que consequentemente irá provocar um aumento de velocidade do dispositivo, caso seja mantida a cadência de movimento de pernas, ou diminuir no caso oposto do referido.

Uma das mais fáceis e influentes formas de transmitir uma ideia ou um conceito é através da apresentação de um protótipo ou maquete daquilo que se pretende, nesta fase do projeto foram elaborados dois possíveis protótipos da plataforma idealizada durante o desenvolvimento da mesma. Estes dois modelos diferem pela variação de ângulo da estrutura base projetada. Na Ilustração 59 é possível observar que a zona de encaixe faz um ângulo (70°) com a horizontal, dando um aspeto mais semelhante as bicicletas.



Ilustração 59 - Primeiro protótipo visual, versão estrutura inclinada

Já na Ilustração 60 a parte frontal da estrutura faz um ângulo reto (90°) com a horizontal, dando um aspeto da estrutura menos comum aos da bicicleta. Posteriormente será analisada qual a solução mais viável e que responde de forma mais adequada ao propósito e às necessidades esperadas do dispositivo desenvolvido



Ilustração 60 - Primeiro protótipo visual, estrutura normal

No entanto estes primeiros protótipos realizados não incluem a vertente de arrumo ou transporte, pelo que posteriormente será apresentada uma solução referente à essa necessidade, sendo

que o aspeto visual poderá sofrer alterações. Em contra partida é possível demonstrar uma simulação do movimento realizado para a locomoção do dispositivo, visto esta estar totalmente concluída e inserida nos primeiros protótipos apresentados, (Ilustração 61).

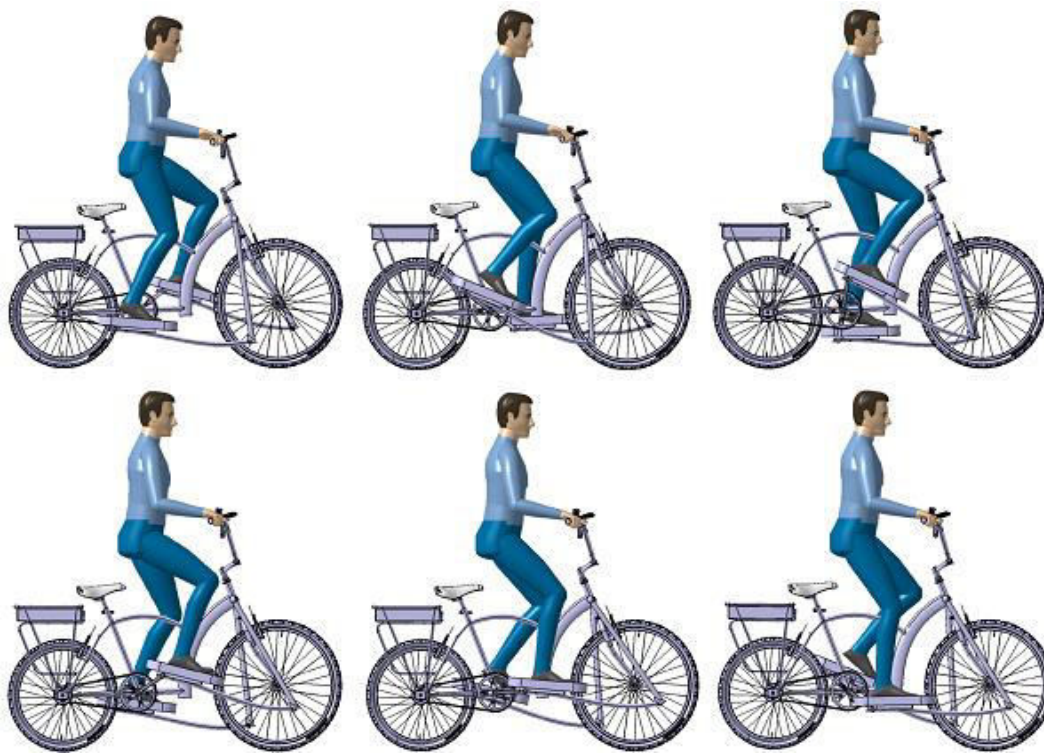


Ilustração 61 - Simulação do movimento efetuado na utilização da plataforma

4.7.2 Versão de arrumação e transporte

O processo de dobragem do dispositivo de mobilidade inicia-se com a remoção do espigão de selim e selim através do aperto rápido. A dobragem é feita a 73°, rotação máxima até à parte frontal do guiador atingir o quadro, nomeadamente o tubo onde é alojado o espigão de selim. Por fim de forma a reduzir o volume o guiador é rebatido através da sua rotação pelo alívio do parafuso do avanço onde está encaixado, por último de forma a tornar a compactação menos volumosa, um dos *crank* é desapertado de forma a ficar paralelo ao outro e assim os braços ficam alinhados ocupando menos espaço. De forma a possibilitar o seu transporte será necessário a remoção das duas rodas, traseira e dianteira. Estes componentes são de fácil remoção, dado que as rodas estão acopladas por porcas de fácil extração.

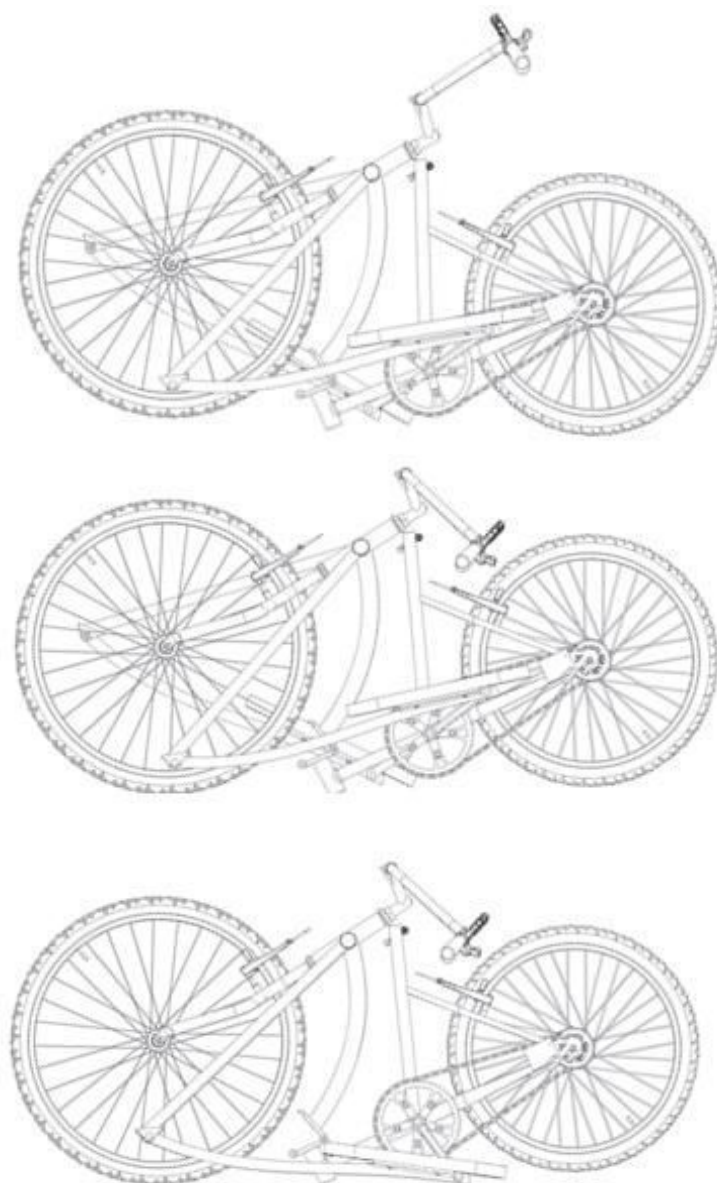


Ilustração 62 - Processo de dobragem e configurações em arrumação

Para o estudo de portabilidade do dispositivo de mobilidade mediu-se o volume de bagageira de um automóvel de três volumes e de um pequeno utilitário. As dimensões são de 1000 x 900 x 400 mm e 900 x 1100 x 500 mm para um automóvel de três volumes e para o utilitário (estando os bancos rebatidos), respetivamente.

Sendo que as medidas do dispositivo em arrumação e transporte são 1022.13 x 842.4 x 480 mm como é visível na Ilustração 64, conclui-se que é possível transportar o dispositivo apenas no utilitário com os bancos rebatido, caso seja removido o guiador, sendo que este ultimo bem como os restantes componentes serão transportados no restante volume da bagageira. Para além de ser possível a plataforma ser arrumada e transportada num veículo, é importante referir que esta também pode circular em transportes públicos nos locais que servem para o efeito, tendo em conta que as suas dimensões não são superiores ou muito superiores (dependendo do modelo de comparação) à bicicleta.

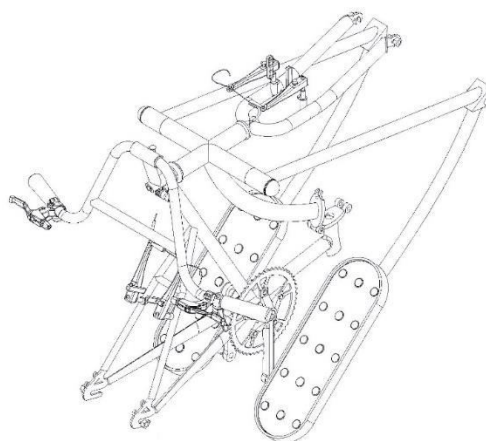


Ilustração 63 - Configuração da plataforma em arrumação e transporte

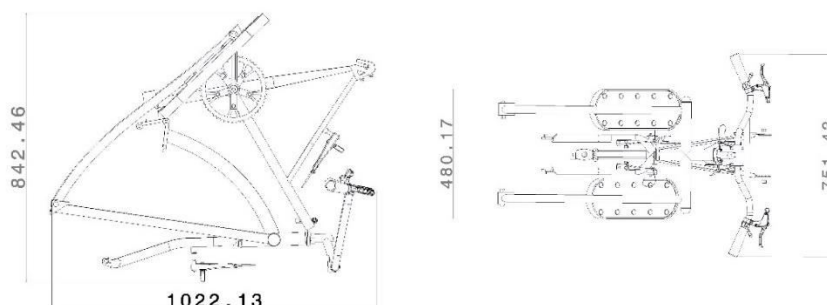


Ilustração 64 - Dimensões em configuração de transporte

4.7.3 Versão elétrica

O *kit* elétrico inclui um motor, que pode ser adaptado tanto na roda dianteira como na roda traseira, oferecendo vantagens diferentes consoante o caso de aplicação. No caso da aplicação do motor na roda da frente é garantida melhor distribuição de peso e tração elétrica à frente, no caso da instalação na roda de trás esta garante uma direção mais leve para o utilizador. Outro dos elementos fundamentais é a bateria, sendo que existem diversos modelos e diferentes espaços onde ser integrada no dispositivo, uma das vantagens é que estas podem ser recarregadas qualquer seja o nível de carga no momento. A carga está completa quando o LED indicativo do carregador indica a cor verde. É também disponibilizado um acelerador, de forma a facilitar a velocidade com que o dispositivo se desloca, sendo indispensável quando se encontra numa concentração de pessoas. O controlador é o cérebro do equipamento, dado que todos os outros componentes se encontram ligados a este. Algumas baterias disponibilizam um espaço próprio de armazenamento para o controlador, noutros casos este é colocado numa bolsa por baixo do *rack* traseiro.

Quando o equipamento se encontra ligado, a bateria aciona o motor que se encontra integrado numa das rodas, sendo que o esforço que inicialmente era gerado pelo utilizador passa a ser produzido pelo motor transmitindo movimento à roda que consequentemente permite a locomoção do dispositivo. No entanto a utilização do sistema elétrico não impede ao utilizador de não exercer força, sendo que este pode ser utilizado tanto como auxílio ao movimento realizado, bem como para mover a plataforma sem qualquer esforço, isto é, o equipamento é totalmente responsável pela deslocação. Nas ilustrações

Ilustração 65 e Ilustração 66 é visível quais os componentes do equipamento elétrico, assim como onde se encontram integrados numa bicicleta comum.



Ilustração 65 - Esquema de adaptação do *kit* a uma bicicleta



Ilustração 66 - Esquema dos componentes integrados numa bicicleta
[Fonte: kit ebike, 2014]

Na Ilustração 67 é apresentado o primeiro protótipo do dispositivo de mobilidade movido eletricamente, através de uma bateria e motor que por sua vez são monitorizados pelo visor que se encontra no guidão, de forma a controlar a velocidade da plataforma. Este sistema é semelhante aos que são integrados nas bicicletas elétricas disponíveis no mercado.

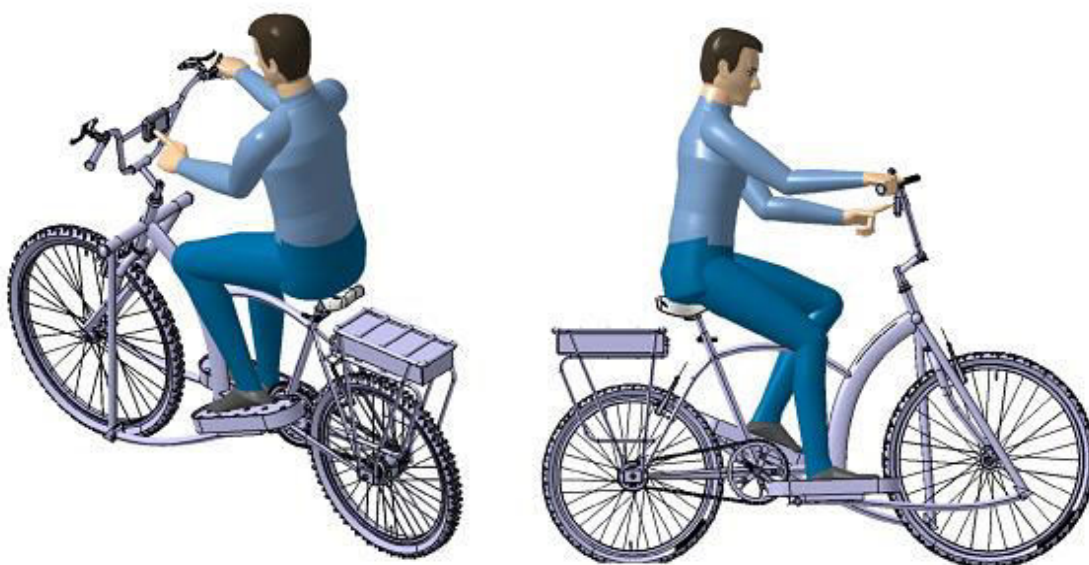


Ilustração 67 - Primeiro protótipo versão elétrica

4.7.4 Versão *indoor* (interior)

O dispositivo é fixado pelas porcas do eixo traseiro na estrutura do *hometrainer* onde se encontra um rolo que fica em contacto com a roda traseira permitindo o movimento desta sempre que o dispositivo for utilizado para a prática de exercício físico (Ilustração 68). Da mesma forma que o dispositivo dispõe de mudanças para regulação de força e esforço exercido, o equipamento possui um regulador de esforço que permite de igual forma regular e alterar a intensidade da atividade física através de uma alavanca que é fixada junto ao guiador da plataforma de mobilidade.



Ilustração 68 – Rolo de treino

De igual forma foi elaborado um primeiro protótipo ilustrando o uso do hometrainer na plataforma desenvolvida, (Ilustração 69).

Ilustração 69 - Primeiro protótipo visual da versão *indoor*

4.8 Especificações finais do produto

Concluída a fase de protótipos e feita a análise funcional, será então realizada a comparação entre os valores das especificações definidos aquando da construção da matriz da casa da qualidade (ver em 4.4 Casa da qualidade – Matriz QFD), de modo a verificar se os valores foram ou não atingidos (Tabela 23). Caso os valores finais difiram dos valores alvo definidos, é importante verificar se estes se encontram no intervalo definido pelo valor marginal e o valor máximo de cada especificação.

Tabela 23 - Valores finais das especificações

	Especificações	Grandeza	Valor alvo	Valor final
Dimensões da estrutura	Altura da estrutura	Mm	1250	1300
	Largura da estrutura	Mm	755	755
	Comprimento da estrutura	Mm	1800	1785
	Altura do banco ao solo	Mm	83-114	890
	Largura do banco	Mm	144	144
Dimensões para arrumação e transporte	Altura da estrutura compactada	Mm	800	821
	Comprimento da estrutura compactada	Mm	1500	1710
	Largura da estrutura compactada	mm	755	755
	Tempo de montagem	s	20	20
Peso	Peso máximo admissível	Kg	110	≈100 (97.5)
	Peso da estrutura	Kg	25	34.5*
Diâmetro das rodas	Diâmetro das rodas traseiras	Polegadas	20	20
	Diâmetro da roda dianteira	Polegadas	24	24
Componente elétrica	Autonomia	km	60	60
	Potência do motor	Watt	250	250
	Peso da bateria	kg	3	3.19
	Dimensões da bateria	mm	360x148x60	360x148x60
	Velocidade máxima	Km/h	25	25

Componentes	Rigidez da estrutura (Módulo de torção do quadro)	GPa	26.5	26.5
	Número de encaixes	Unidade	2	1
	Força admissível dos encaixes	Newton	100	100
	Número de cores	Unidade	7	7

*- O peso da estrutura inclui apenas os elementos principais modelados no *CATIA V5*, pelo que não foram considerados alguns elementos.

Para a conceção e modelação geométrica do quadro foi consultado o guia de controlo da bicicleta e equipamento. Apesar de este se referir apenas às bicicletas de competição e não citadinas e tendo em conta que o tipo de plataforma desenvolvida não é composto na íntegra por elementos usados para a definição do quadro, foram usadas algumas medidas como critério de comparação. Na Ilustração 70 estão representadas as medidas e o artigo correspondente onde se encontra a informação.

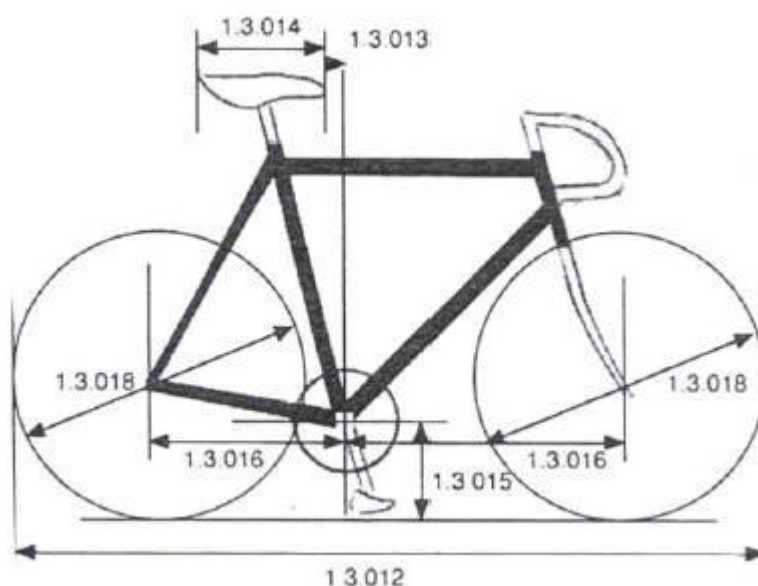


Ilustração 70 - Medidas do quadro de uma bicicleta de competição

[Fonte: [67] (UVP/FPC, 2007)]

- Segundo o artigo 1.3.012, uma bicicleta não pode medir mais que 185 cm de comprimento e 50 cm de largura.
- Segundo o Artigo 1.3.013, a ponta do selim deve situar-se no mínimo 5 cm por detrás da vertical que passa pelo eixo da pedaleira. (*)
- Segundo o artigo 1.3.015, a distância entre o eixo dos pedais e o solo deve ser de 24 cm no mínimo e 30 cm no máximo.
- Segundo o artigo 1.3.016 a distância entre as verticais que passam pelo eixo pedaleiro e o eixo da roda da frente deve ser de 54 cm no mínimo e 65 cm no máximo (*). A distância entre as verticais que passam pelo eixo do pedal e o eixo da roda de trás deve ser de 35 cm no mínimo e 50 cm no máximo.
- Segundo o artigo 1.3.017, a distância entre as extremidades interiores da forqueta não pode ultrapassar os 10.5 cm.

(*) - As distâncias visadas pelo símbolo (*), nos artigos referidos, podem ser reduzidas quando necessário por causas morfológicas; deve entender-se por “causas morfológica” o que diz respeito à altura ou largura dos membros.

Uma vez que a plataforma desenvolvida não possui um quadro igual ao da bicicleta, e considerando os artigos referidos acima, as dimensões para modelação geométrica do quadro estão representadas na Ilustração 71.

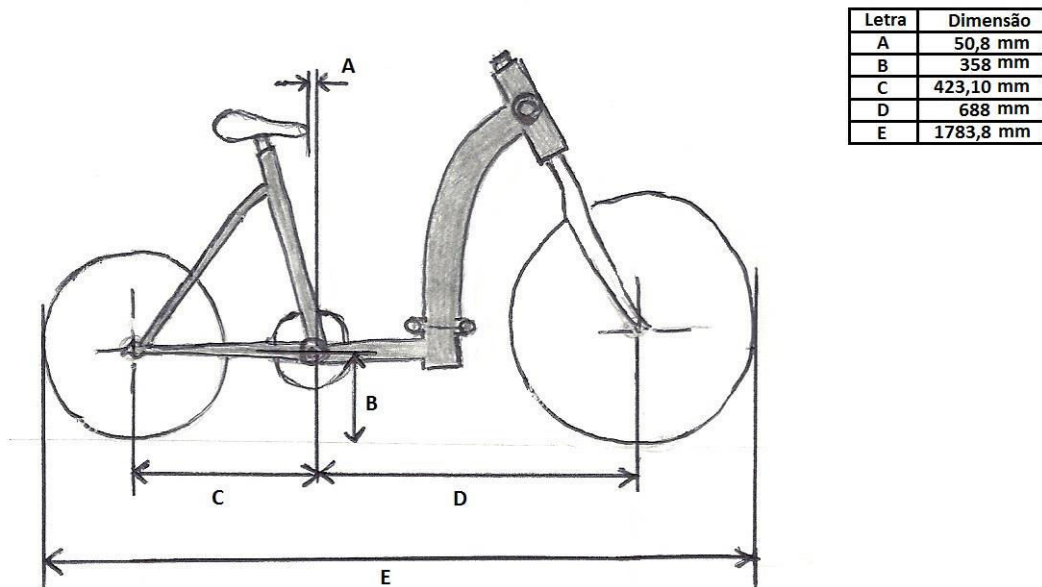


Ilustração 71 - Dimensões definidas para o quadro da plataforma

As dimensões definidas para o quadro do dispositivo desenvolvido estão enquadradas nos valores descritos nos artigos referidos anteriormente, salvo a medida entre o eixo pedaleiro e o solo (B) e a medida entre o eixo vertical da roda da frente e eixo pedaleiro (D). Uma vez que existem variáveis tais como o tipo de quadro referido no guia, quadro para bicicletas de competição, assim como o facto de o quadro integrante do produto não ser um quadro de bicicleta comum e comercializado devido ao tipo de movimento realizado.

De notar que o quadro e plataforma desenvolvidos tiveram em conta os ângulos e a postura correta para a ergonomia do produto.

4.9 Protótipos

Após todo o percurso realizado, entre geração de conceitos, seleção e teste dos mesmos é altura de gerar versões aproximadas do modelo final do produto. Os protótipos facilitam a aprendizagem, respondendo às questões de funcionalidade e satisfação das necessidades dos clientes, a comunicação com potenciais investidores, parceiros e clientes. Assim, este capítulo inclui a geração de protótipos virtuais da plataforma de mobilidade sustentável bem como a sua análise funcional. Posteriormente foi construído um protótipo físico, à escala, do modelo gerado.

4.9.1 Protótipos virtuais

Os protótipos virtuais apresentados abaixo (Ilustração 72) mostram a versão final da plataforma de mobilidade urbana sustentável.



Ilustração 72 - Protótipo visual da estrutura



Ilustração 73 - Protótipos visuais (cores)

Na Ilustração 74 é apresentado o protótipo virtual alusivo a versão elétrica da plataforma.



Ilustração 74 - protótipo visual componentes extra

Como foi referido previamente, esta plataforma inclui um “indoor *bike kit*” para utilização da plataforma dentro de casa. Este equipamento inclui uma base larga e estável que serve de apoio à roda traseira, estando esta pausada num rolo elastómero e uma base mais pequena para apoiar a roda dianteira.



Ilustração 75 - Protótipo visual na versão *indoor*

Durante todo o processo de modelação e conceção da plataforma existiu um certo cuidado para cumprir e respeitar todas as normas tanto a nível geométrico, como ergonómico, isto para proporcionar um uso confortável e correto ao utilizador. Nas ilustrações Ilustração 76 e Ilustração 77 estão representados o ângulo e postura adotados por um utilizador masculino e feminino com percentil médio 50º, respetivamente.



Ilustração 76 – ângulo e postura adequado para a plataforma (correspondente à bicicleta citadina)

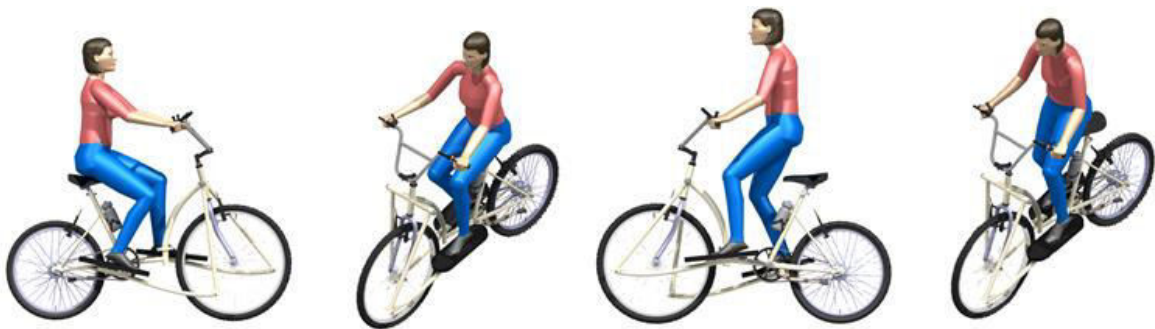


Ilustração 77 - Uso da plataforma para um indivíduo feminino com percentil médio 50º

4.9.2 Protótipo físico

De forma a corporizar o produto desenvolvido, passou-se à construção de um protótipo físico, à escala de 1:5 para a maioria das peças constituintes do dispositivo, recorrendo a diversos tipos de materiais. Estes materiais referem-se a pasta de modelar, arame, folha de papel EVA, cola, esferovite, tinta entre outros, (Ilustração 78).



Ilustração 78 - Material para construção do protótipo físico

Para a elaboração do protótipo físico foram modeladas as peças principais com ajuda de arame e da pasta. Como foi referido anteriormente a maioria das peças do protótipo encontram-se a uma escala de 1:5, para que o protótipo não seja apenas visual mas também completamente funcional algumas das peças estão numa escala diferente devido à fragilidade do material utilizado. Nas ilustrações abaixo encontram-se fotografias das peças modeladas para construção da maquete, bem como da maquete em configuração de uso, arrumação e transporte.



Ilustração 79 - Peças do protótipo



Ilustração 80 -Maquete em configuração de utilização



Pormenor do guiador com mudanças e travões



Pormenor do junta rotativa do braço elíptico



Pormenor da junta dobrável da estrutura



Ilustração 81 - Estrutura dobrada



Ilustração 82 - Configuração de transporte e arrumação

4.10 Design robusto

Um produto robusto é aquele que, mesmo sobre condições não ideais de funcionamento, ou produção, continua a ter a performance desejada. Maior parte das vezes estes fatores ou variáveis não ideais são definidos como ruído, o que significa que estes são variações de parâmetros em torno do produto que não são controláveis tanto ao nível de funcionamento como de produção.

O *design* robusto é a atividade do desenvolvimento de produto que procura incrementar o desempenho do produto minimizando o efeito de ruído. Para tal utilizam-se métodos experimentais e analíticos para identificar qual o valor das variáveis de projeto ideais por forma de assegurar a performance do produto para uma gama de variação desses parâmetros. Um valor nominal robusto é aquele cuja sua variação em pouco ou nada altera o desempenho do produto.

4.10.1 Plano de experiências – DOE

Uma experiência planeada é um teste ou uma série de testes, no qual são submetidas mudanças propositadas nos atributos do produto de forma a poder observar-se e identificar quais as mudanças correspondentes. Para a realização do plano de experiência é necessário definir quais as variáveis de controlo, isto é, quais as variáveis que irão alterar de valor de forma controlada para explorar o desempenho do produto em função destas. Também é necessário determinar quais os fatores de ruído, variáveis que não podem ser explicitamente controlados durante a fase de produção e fabrico assim como durante o funcionamento do produto. Por fim são definidos quais os fatores de medição da performance, estes são as especificações do produto com interesse em avaliar com a experiência.

De forma a garantir que a plataforma de mobilidade tem a performance desejada, mesmo sob condições não ideais de funcionamento é necessário esta ter um *design* robusto. Foram assim analisados quais os possíveis pontos críticos que poderão causar falhas aquando a utilização. No projeto em questão é identificado um aspeto no qual existe a necessidade de realização de experiência que está relacionado com a eficiência do movimento de propulsão realizado pelos braços elípticos da plataforma. Os pontos que poderão eventualmente comprometer o desempenho da plataforma são folgas nas zonas de encaixe do braço na estrutura. As folgas entre os veios e os encaixes do braço elíptico poderão influenciar a desempenho dos mesmos quando o movimento, para criar a propulsão do dispositivo, for realizado,

comprometendo a performance esperada pelo cliente. Desta forma foram identificadas quais as variáveis de controlo, quais os fatores de ruído e por fim os fatores de medição do desempenho. A figura x esquematiza o problema.

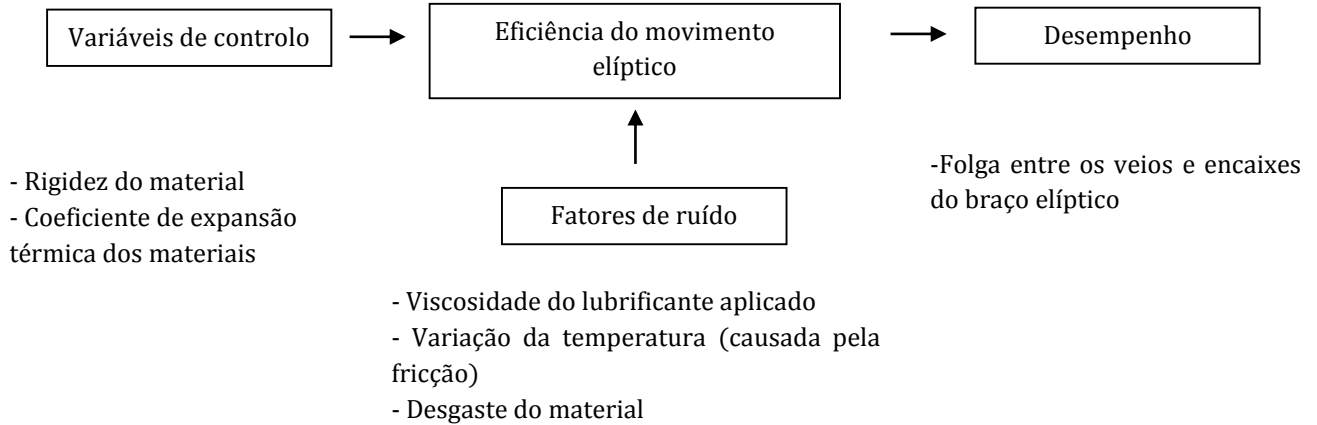


Ilustração 83 - Esquema DOE

Foram identificados quais os fatores e foi desenvolvido um plano de experiência fatorial total. Este tipo de plano permite explorar todas as combinações possíveis dos diferentes níveis associados a cada fator, permitindo uma identificação completa dos efeitos no desempenho do produto.

Foi elaborada uma tabela na qual estão enumeradas todas as variáveis de controlo, sendo que cada uma delas assumirá o seu valor mínimo, atendendo à experiência em causa.

Tabela 24 - Fatores DOE

A	Viscosidade do lubrificante
B	Variação da temperatura
C	Desgaste do material

A1	Viscosidade mínima
A2	Viscosidade máxima
B1	Temperatura mínima
B2	Temperatura máxima
C1	Desgaste mínimo
C2	Desgaste máximo

Também se definiu um valor alvo mínimo e máximo para a folga entre os veios e os encaixes do braço elíptico de 0,08 e 0,1 mm.

De seguida é elaborado um plano de experiência, evidenciando as várias combinações a serem realizadas entre as diferentes variáveis de controlo. Uma vez que o número de fatores é inferior a 4 o plano de experiência a utilizar é fatorial total. Esta envolve uma sistemática exploração de todas as combinações dos diferentes níveis de cada fator, permitindo a identificação completa dos efeitos no desempenho.

Tabela 25 - Plano de experiência

		A1	A2
B1	C1		
	C2	X	X
B2	C1		
	C2	X	X

Após serem definidas as variáveis de análise experimental, assim como qual a planificação, é determinado o método de avaliação da performance. Neste caso será avaliado a viscosidade do lubrificante, assim como a temperatura e desgaste do material.

Tabela 26 - Avaliação do desempenho

	Folga (mm)
A1,B1,C2	
A1,B2,C2	
A2,B1,C2	
A2,B2,C2	

Para cada uma das quatro experiências será registrada a folga entre os veios e os encaixes. Por variação de um fator, mantendo os restantes constantes poderá ser possível avaliar quais os fatores com maior influência no fator desempenho.

Para o plano de experiência elaborado neste projeto, apenas se procedeu à elaboração da metodologia não tendo sido realizado qualquer tipo de experiência a nível prático. No entanto após ser construído um protótipo da plataforma à escala real, o plano de experiência elaborado poderia ser aplicado no protótipo.

4.10.2 Análise de modo de falhas e efeito – AMFE

A análise de modo de falhas e efeito é uma técnica analítica que assegura que cada potencial falha é antecipadamente considerada e estudada. O objetivo desta análise é identificar os pontos fracos de um sistema ou produto, encontrar quais as causas iniciais das falhas dos componentes, analisar as consequências de cada uma das falhas identificadas, seja a nível de ambiente, segurança ou funcionamento. De seguida é avaliado qual o grau de seriedade e por fim é realizada uma prevenção através de ações corretivas na conceção do produto.

Tabela 27 - AMFE resposta aos requisitos de cliente

Nome do processo/Função	Falhas possíveis			Atual					Ação preventiva
	Modo	Efeito	Causa	Controles atuais	Índices				Recomendações
					O	G	D	R	
Ergonomia	Dificuldade de utilização	Funcionamento irregular	Mau dimensionamento da estrutura	Revisão do projeto Seguir normas e medidas antropométricas e ergonômicas	4	5	3	60	Realização de testes na fase de protótipo
Esteticamente apelativo	Design pouco atrativo	Não vende	Simplicidade no aspeto construtivo pode implicar perda estética	Análise competitiva e escolha de boas soluções	5	7	1	35	Oferecer personalização do dispositivo
Atravancamento	Ocupa muito espaço em arrumação e transporte	Impossibilita a arrumação e transporte	Sistema de dobragem pouco desenvolvido	Análise de conceitos e soluções	4	6	2	48	Realização de testes em protótipo
			Geometria inadequada						
Peso	Plataforma de mobilidade muito pesada para transportar	Dificuldades em transportar	Elevado peso dos elementos estruturantes	Escolha de componente e materiais mais leves	3	6	2	36	Dispor um sistema auxiliar (por exemplo sistema elétrico)
			Utilizador fisicamente fraco						
Preço de venda	Valor demasiado elevado comparativa mente a estruturas elípticas	Não vende	Poucas possibilidades de escolha de componentes	Análise de estimativa vendida e custos associados ao desenvolvimento	4	7	3	84	Possibilitar a escolha de diversas configurações/ componentes
Probabilidade de ocorrência		Gravidade		Detenção			Risco		
Improvável 1		Apenas perctível 1		Alta 1					
Muito pequena 2 a 3		Pouco importância 2 a 3		Moderada 2 a 3			Baixo 1 a 135		
Moderada 4 a 6		Moderadamente grave 4 a 6		Pequena 4 a 6			Moderado 135 a 800		
Alta 7 a 8		Grave 7 a 8		Muita pequena 9			Alto 801 a 1000		
Alarmante 9 a 10		Extremamente grave 9 a 10		Improvável 10					

A análise de modo de falha e efeito (AMFE) na capacidade de resposta aos requisitos de cliente (Tabela 27) foram detetadas duas falhas graves, o preço de venda e o esteticamente apelativo. O preço de venda demasiado elevado, principalmente quando comparado a plataformas semelhantes, pode comprometer o sucesso comercial do produto, pois caso este não obtenha aceitação por parte do cliente, não irá vender de forma lucrativa. A possibilidade de escolha de componentes mais económicos, ou possibilidade de aquisição dos equipamentos com diferentes funcionalidades em alturas diferentes poderá ajudar a baixar o preço de venda para a versão mais básica da plataforma. O outro aspeto de termo crítico que poderá prejudicar a venda do produto é o seu aspeto visual, uma vez que um *design* pouco apelativo não atrai a atenção de diversos clientes. Uma das medidas que poderá contornar esta falha será disponibilizar uma gama de produtos e acessórios decorativos (luzes, campainha, decalques, etc.) bem como a escolha da pintura da estrutura. A falha na resposta às necessidades ergonómicas dos utilizadores é uma falha maior, visto que comprometerá o desempenho da plataforma para além de provocar desconforto ao utilizador. O melhor método para aprimorar o *design* ergonómico da plataforma consiste na simulação do movimento realizado num protótipo que represente o sistema de propulsão. No entanto qualquer uma das falhas acima identificadas são de baixo risco.

Tabela 28 - AMFE componentes

Nome do processo	Falhas possíveis			Atual				Ação preventiva	
	Modo	Efeito	Causa	Controles atuais	Índices				Recomendações
					O	G	D	R	
Quadro	Deformação do quadro	Danificação do quadro	Peso do utilizador	Escolha adequada de material	2	7	2	28	Definir peso máximo admissível através de testes
			Forças geradas no movimento						
			Material inadequado	Seguir norma técnica de material (MEF)					
			Cálculos analíticos errados						
	Rutura do quadro	Queda	Colisão com obstáculos	Seguir normas de soldaduras	2	10	6	120	
			Escolha de material						
Braços elípticos	Deformação dos braços	Danificação	Força gerada pelo utilizador	Seguir norma técnica de material (MEF)	2	7	2	28	Definir peso máximo admissível através de testes
		Utilização deficiente	Material inadequado						
	Folga nos encaixes	Fragilidade da plataforma	Má montagem dos elementos	Seguir regras de toleranciamento	3	5	6	90	Reavaliar o projeto e tolerâncias
			Mau projeto de ligações entre elementos						
Travões	Falha no sistema de travagem	Queda	Má instalação do sistema	Nenhum	4	9	2	72	Verificação da montagem dos componentes
Transmissão	Falha no sistema de transmissão	Queda	Má instalação do sistema	Nenhum	4	9	2	72	Verificação da montagem dos componentes
Manutenção dos componentes	Desgaste	Danificação	Baixa qualidade dos componentes	Nenhum	8	5	7	280	Escolha adequada dos componentes integrantes
	Oxidação	Danificação	Exposição em ambientes agressivos	Nenhum	6	5	8	240	Aplicar tratamentos de superfície anti oxidação
Probabilidade de ocorrência		Gravidade		Detenção				Risco	
Improvável 1		Apenas percetível 1		Alta 1					
Muito pequena 2 a 3		Pouco importância 2 a 3		Moderada 2 a 3				Baixo 1 a 135	
Moderada 4 a 6		Moderadamente grave 4 a 6		Pequena 4 a 6				Moderado 135 a 800	
Alta 7 a 8		Grave 7 a 8		Muita pequena 9				Alto 801 a 1000	
Alarmante 9 a 10		Extremamente grave 9 a 10		Improvável 10					

A AFME relativa aos componentes (Tabela 28), revela igualmente duas falhas com índice de gravidade elevado, relacionadas com a fiabilidade e robustez do dispositivo e falhas nos sistemas de transmissão e travagem. As falhas resultam num efeito de queda, comprometendo a integridade física do seu utilizador. No que diz respeito à fiabilidade dos componentes, a ação corretiva que potencia a qualidade dos mesmos passa por uma escolha de componentes standardizados de boa qualidade assim como a verificação de montagem dos mesmos. Isto porque componentes *standards* são facilmente instalados, mas também, garantem um bom funcionamento e fácil manutenção. Já em termos de robustez estrutural a ação corretiva é garantir um correto dimensionamento do quadro, através de simulação numérica, e posteriormente construir um modelo físico para testes de resistência. Para o caso de falhas de instalação dos sistemas de transmissão e travagem as ações preventivas passam pela verificação rigorosa da montagem e testes para certificar que os equipamentos estão bem instalados e totalmente funcionais.

Tabela 29 - AFME utilização

Nome do processo/Função	Falhas possíveis			Atual				Ação preventiva	
	Modo	Efeito	Causa	Controles atuais	Índices				Recomendações
					O	G	D	R	
Propulsão	Dificuldade em realizar o movimento	Esforço excessivo para o utilizador	Utilizador fisicamente fraco	Nenhum	6	8	3	144	Aplicar seletor de velocidade para regulação da relação de transmissão, consequentemente o esforço realizado
	Uso deficiente	Funcionament o irregular	Mau dimensionament o dos braços	Seguir normas e medidas antropométric as e ergonómicas	4	8	2	64	Realização de testes na fase de protótipo
Desconforto									
Montagem	Processo complexo	Desconforto	Ligação aparafusadas	Análise das melhores soluções durante o processo de geração de conceitos	7	4	3	84	Uso de apertos rápido e soluções intuitivas
		Arrumo condicionado							
		Atravancamen to							
Travar	Ação complexa	Desconforto	Movimento desconfortável	Nenhum	4	10	2	80	Optar por travões ergonómicos; Travão para imobilizar o produto
		Colisão							
		Queda							
Versão elétrica	Perda precoce da capacidade	Má especificação e escolha da bateria	Menor autonomia, sistema perde eficácia	Seguir normas para garantir a capacidade da bateria	4	5	4	80	Facultar um guião informativo para o correto uso do dispositivo
	Uso inadequado				5	4	9	180	
Versão indoor	Uso inadequado	Funcionament o irregular	Má utilização do equipamento	Nenhum	4	5	9	180	Facultar um guião informativo para o correto uso do dispositivo
		Danificação							
Probabilidade de ocorrência		Gravidade		Detenção				Risco	
Improvável 1		Apenas perçetível 1		Alta 1					
Muito pequena 2 a 3		Pouco importância 2 a 3		Moderada 2 a 3				Baixo 1 a 135	
Moderada 4 a 6		Moderadamente grave 4 a 6		Pequena 4 a 6				Moderado 135 a 800	
Alta 7 a 8		Grave 7 a 8		Muita pequena 9				Alto 801 a 1000	
Alarmante 9 a 10		Extremamente grave 9 a 10		Improvável 10					

Por último a AFME referente à utilização do produto destaca apenas uma falha de termo crítico, sendo que as ações corretivas que procuram auxiliar e contornar esta falha passam por uma escolha de travões simples e ergonómicos, visto que o movimento desconfortável pode causar incómodo ou até mesmo a queda do utilizador. Para além dessa solução para evitar perda de equilíbrio e desconforto em manter a plataforma travada, o dispositivo deverá ser equipado com um travão de lado de forma a facilitar ao seu utilizador manter-se parado. A dificuldade no movimento de propulsão é uma falha maior, visto que esta pode impossibilitar o uso da plataforma, implementando um seletor de velocidade (ou um sistema elétrico) no dispositivo permite-se um ajuste na relação de transmissão diminuindo o esforço necessário exercer para o movimento.

4.11 Estimação da quantidade vendida

$$Q = N \times A \times P$$

Q - Quantidade esperada a ser vendida.

N - Número de potenciais clientes esperados fazerem compras durante o período de tempo em que o produto estará disponível.

A - Fração dos compradores para os quais o produto estará disponível.

P - É a probabilidade do produto ser comprado se disponível e o consumidor estiver informado.

$$P = (C_{def} \times F_{def}) + (C_{prob} \times F_{prob})$$

F_{def} - Fração de respostas que indicaram que se o produto estivesse disponível o compravam definitivamente.

F_{prob} - Fração de respostas que se o produto estivesse disponível provavelmente o compravam.

C_{def} e F_{def} - Coeficientes de calibração da empresa baseados em produtos similares no passado, assumindo normalmente os seguintes intervalos:

$$0.1 < C_{def} < 0.5, \text{ sendo usual } C_{def} = 0.4$$
$$0 < C_{prob} < 0.25, \text{ sendo usual } C_{prob} = 0.2$$

Foram então definidos os parâmetros:

A = 0.25

C_{def} = 0.4

C_{prob} = 0.2

F_{def} = 0.05

F_{prob} = 0.2

O valor N foi definido segundo dados de estudos de mercado europeu, as estatísticas revelam que em Portugal durante o ano de 2012 foram vendidas 320 mil bicicletas, cerca de 2% do mercado europeu (Bike Europe, 2012). Tendo em conta que o tipo de plataforma a ser desensolvida não é propriamente uma bicicleta, estimou-se um valor de 10% das vendas de bicicletas. Assim o valor *N* definido para a estimativa de vendas é 32000.

$$Q = 32000 \times 0.25 \times [(0.4 \times 0.2)] + [(0.2 \times 0.05)] = 720 \text{ unidades/ano}$$

Este valor indica que serão vendidas cerca de 2 plataformas por dia, o que significa que para um meio de transporte incluído dentro da mobilidade urbana sustentável é um valor bastante aceitável e até bastante bom, uma vez que o produto lançado é novo no mercado português.

4.12 Análise de custos

As necessidades dos clientes e as especificações do produto são úteis para definir o conceito do mesmo, mas nas fases posteriores à conceção é por vezes difícil ligar as necessidades e especificações ao projeto específico do produto.

O *design* para fabrico procura facilitar o processo de fabricação, simplificando o design do produto a ser desenvolvido através de uma redução de componentes, esta tática auxilia a fiabilidade do

produto. Em suma, o *design* de fabrico está diretamente ligado aos custos associados ao produto e tem por objetivo o estudo e estimativa destes tendo como principal finalidade a redução do valor monetário dos componentes, das peças fabricadas e dos custos de montagem.

De notar que os componentes do produto não são necessariamente fabricados pela empresa, podendo ser adquiridos através de outras empresas, componentes standardizados. Neste projeto serão considerados o custo dos componentes a ser fabricados, o custo dos componentes standardizados e custos de montagem.

4.12.1 Componentes standardizados

Abaixo são apresentados os componentes que serão adquiridos para integrar o dispositivo de mobilidade. Alguns destes componentes existem e são possíveis adquirir em Portugal, os restantes são adquiridos *online*.



Ilustração 84 - Componentes standardizados

[Fontes: Albabici, 2013; Bicycle hero, 2013; Bike Nashbar, 2013; Bike Zone, 2013; Bike Biz, 2013; Bike 24, 2013; Bikewagon, 2013; Bikeradar. The world is for riding, 2013; Decathlon, 2013; MSC Industrial supply CO., 2013; NunoCampas.com, 2013; ProBikeShop, 2013; Chipbike, 2013]

Tabela 30 - Componentes standardizados

Peça	Fornecedor	Descrição	Qntd.	Preço
Mudanças	Bicycle hero	Mudanças <i>sunrace</i> SLR63	1	16.10
Travões	Nashbar	<i>Nashbar mountain deluxe bike brake levers</i>	1	15.46
Travões de calço	Pro bike shop	AVID pinça de travão V-brake single digit 5	2	12.78
Guiador BMX	Bike Zone	Guiador BMX pro – 55 mm	1	38,50
Punhos	Decathlon	B'Twin- punho de espuma -130 mm	1	5,95
Avanço	Biz bike	Avanço guiador 25.4x80 mm	1	59.97
Garfo	Bike 24	Surly 1x1 MTB Fork	1	49.90
Roda dianteira	Decathlon	Roda dianteira 24" B'TWIN	1	24.95
Roda dianteira (pneu)	Decathlon	Pneu 24" x 2 B'TWIN	1	10.95
Roda dianteira (câmara de ar)	Decathlon	24" Válvula schrader B'TWIN	1	3.29
Roda traseira	Decathlon	Roda dianteira 20" B'TWIN	1	24.95
Roda traseira (pneu)	Decathlon	Pneu 20" x 1.75 B'TWIN	1	10.95

Roda traseira (câmara de ar)	Decathlon	20" Válvula schrader B'TWIN	1	3.29
Rolamento roda	Msc	6200 2RS	2	9.10
Rolamentos pedaleira	msc	61803 2RS	2	42
Selim	Pro bike shop	Selle italia turbo	1	53.19
Espigão de selim	Nuno Campas	OZONE alu SM- 2200 27.2x350 mm	1	7.80
Aperto (selim)	Decatlon	B'TWIN 31.8 mm	1	5.95
Prato pedaleiro	Bikewagon	FSA – 170 mm	1	56.56
Cubo de velocidades	Bike radar	Shimano Nexus – 8 velocidades	1	189,95 128.80
Corrente	Decathlon	Shimano – 6 a 8 velocidades	1	13,95
Suporte de garrafa e garrafa	Decathlon	Conjunto bidão e porta bidão B'TWIN	1	7.95
Descanso	Albabici	Descanso ajustável Ursus	1	14.50
Total				609.66

Os componentes adquiridos através de armazéns ou empresas para construção de uma única plataforma é de aproximadamente 610 €, um valor elevado na visão de custo final do produto. Pelo que é conveniente encontrar e se possível optar pela melhor relação preço/qualidade existente no mercado.

4.12.2 Componentes para fabrico

Para além dos componentes standardizados, os componentes em falta para completar as peças integrantes da plataforma serão obtidos através de maquinaria e soldadura de matéria-prima. Os componentes em falta incluem perfis e barras de alumínio para o fabrico do quadro (estrutura base), assim como perfis em aço para os braços elípticos. Para todos os componentes mencionados anteriormente será assumido um custo potencial, tanto para a maquinaria como para a matéria-prima.

Tabela 31 - Elementos para o quadro

Perfil	Dimensões [mm]	Fornecedor	Preço
Perfil circular em alumínio	30 x 2	Flexilina	≈30€
	40 x 2.5		
	35 x 3		
Perfil Elíptico em alumínio	40 x 20x 2	Flexilina	
Barra de alumínio	40	Bronmetal	

Tabela 32 - Elementos para os braços

Perfil	Dimensões [mm]	Fornecedor	Preço
Perfil circular em aço carbono	28 x 1	Ferpinto	≈8€
Veio de aço	30	Lanema	
	40		

O valor monetário, nas tabelas acima, foi obtido através do custo do material ao quilograma. No entanto o preço poderá variar consoante o fornecedor e a própria empresa, pelo que o valor apresentado é uma estimativa

4.12.3 Custos de montagem

De maneira a avaliar qual o custo associado à montagem da plataforma foi elaborada uma tabela baseada na estimativa do tempo para a montagem de cada módulo, assim como dos seus componentes.

Tabela 33 - Estimativa dos tempos de montagem

Módulo	Componentes	Tempo [seg]
Quadro	Junta dobrável	180
	Espigão de selim	20
	Selim	50
	Aperto rápido	180
	Travões de calço	300
Roda dianteira	Cubo dianteiro	200
	Roda e aros	450
	Câmara-de-ar	300
	Pneu	300
	Garfo	120
Guiador	Caixa de direção	600
	Avanço	180
	Travões	200
	Seletor de mudanças	200
	Punhos	120
Roda traseira	Cubo de velocidade internas	200
	Roda e aros	450
	Câmara-de-ar	300
	Pneu	300
Braços elípticos	Parte superior do braço	120
	Parte inferior do braço	120
	Plataforma para o pé	240
Sistema de transmissão	Veio	60
	Rolamentos	300
	Vedantes	180
	<i>Cranks</i>	200
	Prato pedaleiro	120
	Rebites e parafusos	540
	Veio de encaixe para a plataforma	300
	Corrente	120
Total		6950

Considerando o resultado do tempo obtido na Tabela 33, nomeadamente 6950 segundos, percebeu-se que a estimativa do tempo de montagem prevista é aproximadamente duas horas. Assumindo uma taxa horária no valor de 50 euros, este será o valor total de custo de montagem previsto.

4.12.4 Custo total

O custo total previsto deve ter em conta o custo dos componentes standardizados, assim como o custo dos componentes específicos obtidos através de vários processos industriais, o que dificulta a previsão correta dos custos desses componentes. Estes últimos incluem o quadro e os braços elípticos da

plataforma de mobilidade, como tal, para a obtenção do valor monetário desses elementos foi realizada uma estimativa de custos, assim como de todos os processos envolvidos para a obtenção dos componentes referidos acima. Por último será adicionado o custo de montagem, calculado previamente, aos restantes valores.

Devido às estimativas, pouco precisas, levadas em consideração para o cálculo do custo total de produção, ao valor final será inflacionado um acréscimo de 10% do custo total obtido.

Tabela 34 - Custo total de produção

Fator	Custo (€)
Custo de componentes	609.66
Custo da matéria-prima	75
Maquinação	300
Soldadura	
Arqueação	
Montagem	100
Total	1084.66
Total inflacionado	1193.13

O valor final obtido é ligeiramente elevado em relação as inúmeras ofertas que o mercado dispõe no sector de bicicletas, no entanto dependendo do tipo de bicicleta pretendida o valor não é muito exagerado. Por outro lado, quando comparado aos dispositivos do mesmo género, o custo total não se distancia muito em relação ao valor dos mesmos, como foi estudado no capítulo 4.1 (Benchmarking), sendo que o preço verificado, para um modelo com características equivalentes, chega aos 1500€.

De notar que adquirindo os componentes que complementam o produto, este atinge o valor de 1850€, em contra partida proporciona ao usuário variados tipos de utilidade para a plataforma de mobilidade seja em ambiente exterior como interior.

Em contra partida o valor máximo que os inquiridos admitiam era de 600€, é portanto necessário rever e analisar onde é possível diminuir custos, no entanto tendo em conta a faixa etária e ocupação dos inqueridos pode ser questionada a influência desses dois fatores sobre o valor monetário máximo atribuído.

Nas tabelas Tabela 35 e Tabela 36 são apresentadas as opções extraordinárias que complementam a plataforma dependendo do objetivo pretendido pelo usuário e seu valor monetário associado, respetivamente. Estes componentes estão representados numa tabela aparte devido aos mesmos serem meramente opcionais, não interferindo com o produto base, com a possibilidade de serem adquiridos em qualquer altura e separadamente.

Tabela 35 - Componentes opcionais

Peça	Fornecedor	Descrição	Qnt.	Preço
<i>Hometrainer</i>	<i>Decathlon</i>	<i>in'ride</i> B'TWIN 6 níveis de resist., dobrável	1	99.95 €
Suporte roda dianteira	<i>Decathlon</i>	Suporte roda dianteira B'TWIN 0.2kg	1	12.95 €
Kit eléctrico	<i>Chip Bike</i>	Motor 36 V, Bateria 10 Ah, ecrã	1	549€
				661.9€

Tabela 36 - Valor das versões disponibilizadas

Versão	Preço
Versão <i>indoor</i>	1306.03 €
Versão elétrica	1742.13 €

Os preços obtidos para as duas versões disponíveis, *elétrica e indoor*, encarecem o valor base estipulado para a versão mais simples da plataforma. Por esse motivo existe a possibilidade de adquirir as versões separadamente, mantendo sempre a plataforma “base”, consoante a preferência e necessidade do potencial cliente. No entanto os preços poderão sofrer alterações, se em acordo com o fornecedor, forem adquiridos grandes quantidades de equipamentos.

Capítulo 5 Projeto e dimensionamento mecânico

Este capítulo engloba toda a componente de projeto mecânico relativo à concepção do dispositivo de mobilidade. Foram dimensionados o prato pedaleiro, a corrente, rolamentos assim como o veio. Também foi realizada uma análise estrutural por elementos finitos ao quadro da plataforma.

5.1 Dimensionamento do sistema de transmissão

Neste capítulo foi apenas dimensionada a corrente visto que os restantes elementos são comuns na bicicleta e consequentemente acabam por ser standardizados, não sendo necessário dimensioná-los, nomeadamente, o prato pedaleiro e rolamentos.

5.1.1 Dimensionamento da corrente

Normalmente as correntes simples satisfazem a maioria das exigências e têm menor custo, no entanto deve-se considerar sempre o uso do menor passo possível que seja capaz de transmitir a potência e velocidade exigida para a aplicação em questão. Na ilustração abaixo estão representados os parâmetros que definem uma corrente.

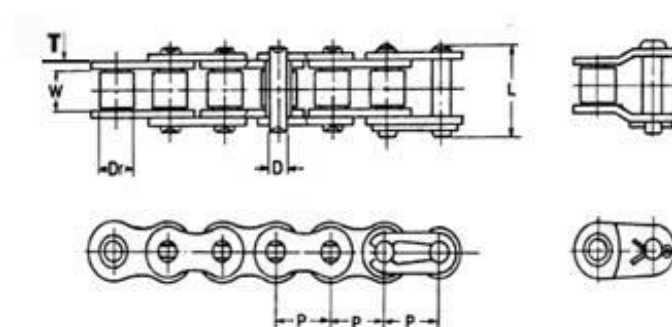


Ilustração 85 - Corrente de rolos simples
[Fonte: Duomo]

Definidos quais os elementos a serem ligados pela corrente é possível proceder-se aos cálculos que definem o número de elos e comprimento desta [60] (Renold, 2012). De notar que a relação de transmissão da corrente é calculada através de:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{53}{18} = 2,94$$

As equações que permitem definir o número de elos que irão constituir a corrente é dada por:

Equação 1 – Cálculo do comprimento/número de elos, [60] (Renold, 2012)

$$L = \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{2 \times C}{p} + \frac{\left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}\right)^2 \times p}{C}$$

$$\leftrightarrow L = \frac{18 + 53}{2} + \frac{2 \times 381}{12,566} + \frac{\left(\frac{53 - 18}{2\pi}\right)^2 \times 12,566}{381}$$

$$\leftrightarrow L = 97,163$$

Em que o L é o número de elos, C a distância entre eixos, Z_1 e Z_2 o número de dentes da coroa do cubo interno de velocidades e o número de dentes do prato pedaleiro e p representa o passo da corrente, A distância entre eixos, considerada para a plataforma em questão, tem o valor de mais ao menos 381 mm. O passo da corrente é obtido através da Equação 2:

Equação 2 – Cálculo do passo, [60] (Renold, 2012)

$$p = \frac{D_1 \times \pi}{Z_1} = \frac{212 \times \pi}{53} = 12,566$$

Desta forma, a partir da Equação 1 obtém-se que a corrente terá 97 elos. Através da resulta a distância entre eixo real:

Equação 3 – Cálculo da distância entre eixos, [60] (Renold, 2012)

$$C = \frac{p}{8} \times \left[2 \times L - Z_2 - Z_1 + \sqrt{(2 \times L - Z_2 - Z_1)^2 - \left(\frac{\pi}{3.38}\right) \times (Z_2 - Z_1)^2} \right]$$

$$\leftrightarrow C = \frac{12,566}{8} \times \left[2 \times 97 - 53 - 18 + \sqrt{(2 \times 97 - 53 - 18)^2 - \left(\frac{\pi}{3.38}\right) \times (53 - 18)^2} \right]$$

$$\leftrightarrow C = 378,47 \text{ mm}$$

O comprimento real entre eixo é de 378,47 mm.

Consequentemente obtemos os seguintes valores normalizados para o dimensionamento da corrente:

Tabela 37 - Valores normalizados para dimensionamento da corrente

Passo (P) (mm)	Largura int. (W) (mm)	Diâmetro rolo (Dr) (mm)	Diâmetro pino (D) (mm)	Largura chapa (H) (mm)	Espessura chapa (T) (mm)	Largura exterior (L) (mm)
12,700	7,75	8,51	4,45	11,80	1,50	18,20

Supondo que a corrente se encontra na 8ª engrenagem do cubo de velocidade interna a 60 rpm (rotações por minutos), a velocidade atingida é de aproximadamente 31 km/h. Assim através da Equação 4 é possível calcular qual a velocidade atingida pela corrente.

Equação 4 - Velocidade da corrente, [60] (Renold, 2012)

$$Vel = \frac{n \times p \times Z_1}{60000}$$
$$\leftrightarrow Vel = \frac{60 \times 12,7 \times 18}{60000}$$
$$\leftrightarrow Vel = 0,229 \text{ m/s}$$

A velocidade atingida pela corrente, com base nos valores considerados, é de 0,229 m/s. A força aplicada na corrente é obtida pela Equação 5, assim tem-se:

Equação 5 - Cálculo da força aplicada na corrente, [60] (Renold, 2012)

$$F = \frac{Q \times 1000}{Vel}$$
$$\leftrightarrow F = \frac{0,4 \times 1000}{0,229}$$
$$\leftrightarrow F = 1746,72 \text{ N}$$

O valor da força aplicada na corrente assume o valor de 1746,72 N, o valor de Q foi extraído do gráfico que relaciona a velocidade com o passo e o tipo de corrente. No caso em questão, a corrente é simples com passo 12,7 e 60 rpm (velocidade), assim o valor retirado da tabela é de aproximadamente 0,4 kW.

5.1.2 Cálculo das forças aplicadas no braço elíptico

Para posteriormente ser realizado uma análise estrutural completa, foram calculadas as reações resultantes nos apoios resultantes da aplicação da força aplicada na estrutura. Para o cálculo destas os apoios aplicados nas extremidades são duplos, restringindo o movimento na horizontal e vertical, para a ligação entre o braço superior e inferior esta foi considerada rígida. Na Ilustração 86 é possível observar-se as extremidades onde são aplicados os apoios assim com a representação esquematizada das forças em cada ponto.

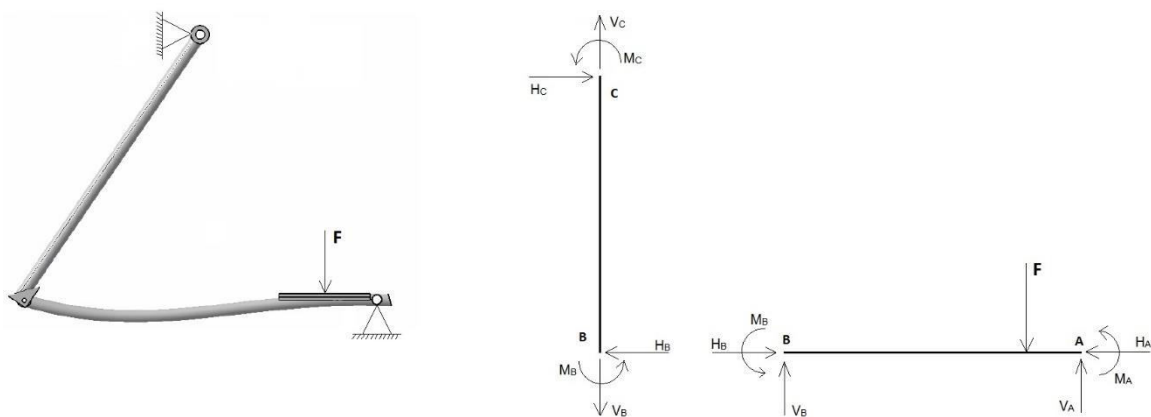


Ilustração 86 - Esquema de forças aplicado no braço

Para o cálculo das reações da estrutura, quando aplicada uma força, foi esquematizado de forma mais simples e sucinta quais as forças e momentos aplicados em cada ponto, A, B e C. A Força F aplicada assume o valor de 1500 N. O valor da força representa um utilizador com peso máximo admissível de ≈ 100 kg bem como possíveis forças adicionais. É importante referir que quando o utilizador se encontra sentado o peso deste é dividido pelos dois pedais, selim e guiador, no entanto quando o utilizador se encontra de pé na plataforma o peso total deste acaba por ser aplicado num só pedal, durante o ciclo de

pedalada, pelo que foi, então, considerada uma força máxima de 1500 N. Para o caso em questão assume-se que os valores em C são iguais aos de B, visto não existir qualquer força externa aplicada na decomposição B/C. Assim o tem-se:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M = 0$$

Em que a resultante das forças horizontais (F_x), das forças verticais (F_y) e momentos é igual a 0. Na Ilustração 87 estão representadas as forças e distâncias para cálculo das reações em A e B.

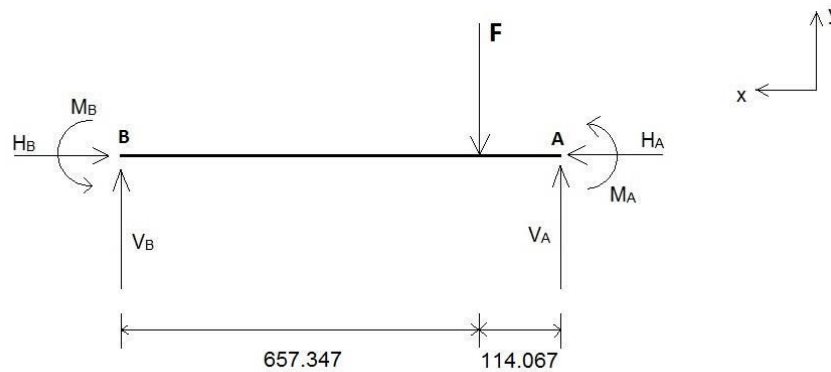


Ilustração 87 - Esquema de forças para o cálculo das reações

Desta forma é possível proceder-se ao cálculo das forças em A e B. O ponto inicial escolhido foi o ponto A.

$$H_A + H_B = 0;$$

$$V_A - F + V_B = 0$$

$$V_A \cdot 0 - M_{AB} - 1500 \times 114,067 + V_B \times 771,414 - M_{BA} = 0$$

$$M_{AB} = \frac{2EI}{L_1} \times (2\theta_A + \theta_B) + \frac{F \cdot b \cdot a^2}{L_1^2}$$

$$M_{BA} = \frac{2EI}{L_1} \times (2\theta_B + \theta_A) - \frac{F \cdot a \cdot b^2}{L_1^2}$$

$$M_{CB} = \frac{2EI}{L_2} \times (2\theta_C + \theta_B)$$

$$M_{BC} = \frac{2EI}{L_2} \times (2\theta_B + \theta_C)$$

Considerando que o ângulo em A e C (θ_A e θ_C) é muito pequeno, isto é aproximadamente zero e que

$$M_{BC} + M_{BA} = 0$$

Tem-se

$$\frac{2EI}{L_2} \times (2\theta_B + \theta_C) + \frac{2EI}{L_1} \times (2\theta_B + \theta_A) + \frac{F \cdot a \cdot b^2}{L_1^2} = 0$$

$$\Leftrightarrow \theta_B = -\frac{F \cdot a \cdot b^2 \times (L_1 \times L_2)}{4EI \times L_1^2 \times (L_1 + L_2)}$$

De onde resulta

$$M_{AB} = \frac{2EI}{L_1} \times \left(-\frac{F \cdot a \cdot b^2 \times (L_1 \times L_2)}{4EI \times L_1^2 \times (L_1 + L_2)} \right) - \frac{F \cdot b \cdot a^2}{L_1^2}$$

$$\Leftrightarrow M_{AB} = -28772,262 - \frac{F \cdot b \cdot a^2}{L_1^2}$$

E

$$M_{BA} = \frac{2EI}{L_1} \times \left(2 \times \left(-\frac{F \cdot a \cdot b^2 \times (L_1 \times L_2)}{4EI \times L_1^2 \times (L_1 + L_2)} \right) \right) + \frac{F \cdot a \cdot b^2}{L_T^2}$$

$$\Leftrightarrow M_{BA} = -57541,307 + \frac{F \cdot a \cdot b^2}{L_T^2}$$

Assim

$$\Leftrightarrow H_A = -H_B$$

$$\Leftrightarrow V_A = F - V_B$$

$$\Leftrightarrow V_B \times 771.414 = -50331,378 + 1500 \times 114,067 + 66699,887$$

$$\Leftrightarrow V_A = 1256,98 \text{ N}$$

$$\Leftrightarrow V_B = 243,020 \text{ N}$$

Desta forma conclui-se que a reação em A assume o valor de 1256,98 N e em C de 243,020 N. Estes valores serão considerados e aplicados na análise estrutural do braço, assim como do quadro.

5.2 Análise estrutural do quadro por métodos dos elementos finitos

A ideia básica subjacente dos elementos finitos (MEF) é a modelação de um problema genérico que envolve meios contínuos, através da análise de partes discretas desses meios, para os quais é possível conhecer ou obter uma descrição matemática do seu comportamento. Cada elemento discreto – o elemento finito – e as leis matemáticas que regem o seu comportamento contribuem para o conhecimento e a análise do problema global.

Atualmente, o método dos elementos finitos é aplicado à análise e ao estudo de fenómenos e problemas muito diversos. Estes vão desde: estudo de sistemas vibratórios, análise do comportamento de materiais, resolução de problemas de condução de calor e de mecânica de fluidos, eletricidade e magnetismo, impacto, conformação plástica de materiais, estruturas metálicas e/ou não-metálicas, dimensionamento de grandes estruturas (barragens, pontes, etc.), hidrodinâmica e aerodinâmica, etc. ([63] Teixeira Dias et al., 2009).

No âmbito da análise estrutural do dispositivo foram analisadas, para uma condição de carga representativa da sua utilização, os níveis de tensão, assim como as flechas em termos de deslocamento instalados na estrutura principal, bem como nos braços elípticos da plataforma. Esta análise permitiu identificar as zonas de fator de concentração de tensões.

5.2.1 Materiais e métodos

Em todo o processo de preparação e resolução numérica de um problema de engenharia é de vital importância dominar todos os procedimentos de modelação, isto é, de definição de todas as

componentes geométricas, das propriedades dos materiais e dos meios envolvidos, das condições de fronteira e das solicitações a que o sistema a simular se encontra sujeito.

No ponto de vista do utilizador é forçoso que este domine os processos físicos e/ou mecânicos que pretende estudar, bem como todas as características e especificações de utilização do método dos elementos finitos relativamente ao problema a analisar. Sendo o método dos elementos finitos um método computacional com o qual é possível analisar e estudar não o sistema real físico, mas sim o modelo virtual criado pelo próprio utilizador, erros grosseiros de modelação conduzirão necessariamente a resultados numéricos que, apesar de corretos para o modelo fornecido pelo utilizador, poderão estar desajustados do problema inicial que o utilizador se propunha resolver ([63] Teixeira Dias et al, 2009).

Os modelos virtuais sujeitos a análise estrutural resultam de todo um processo de modelação realizado em CATIA V5 R21 (ver ilustrações Ilustração 88 Ilustração 89). A geometria da imagem do quadro pode ser dividida em dois grupos, a parte frontal e a parte traseira. Ambas as partes são constituídas por perfis circulares ligados por soldadura, embora a parte frontal também seja composta por um perfil elíptico. Ambas as partes serão acopladas por duas cavilhas, que juntam a parte frontal à parte traseira na zona da junta dobrada.

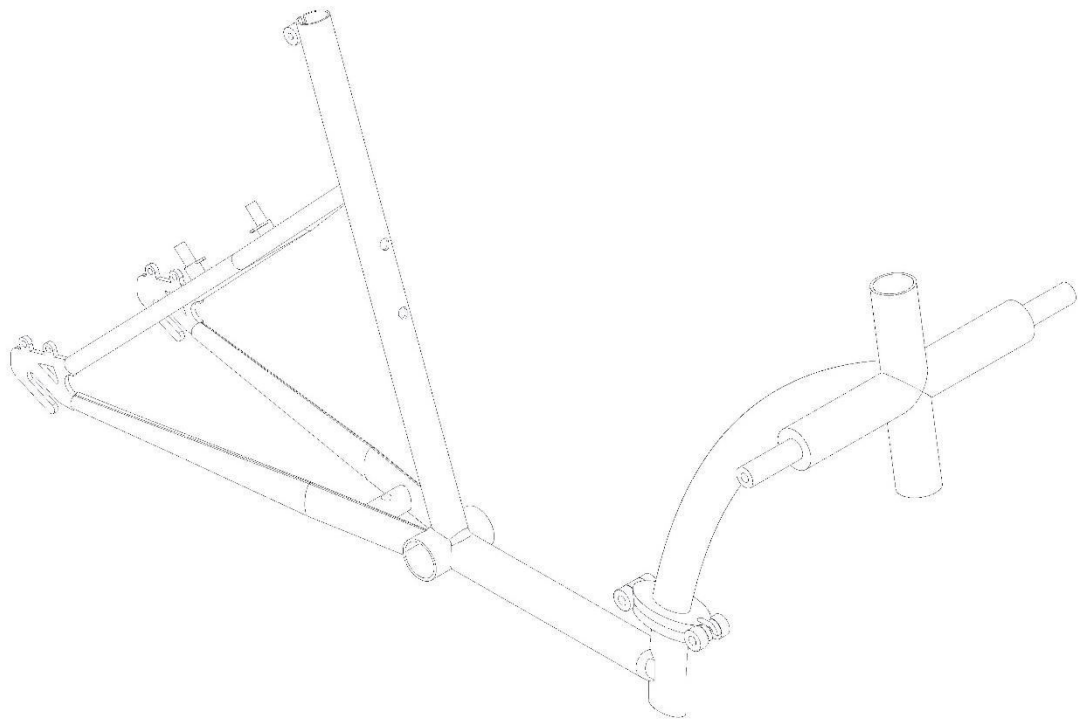


Ilustração 88 - Geometria da estrutura principal para análise

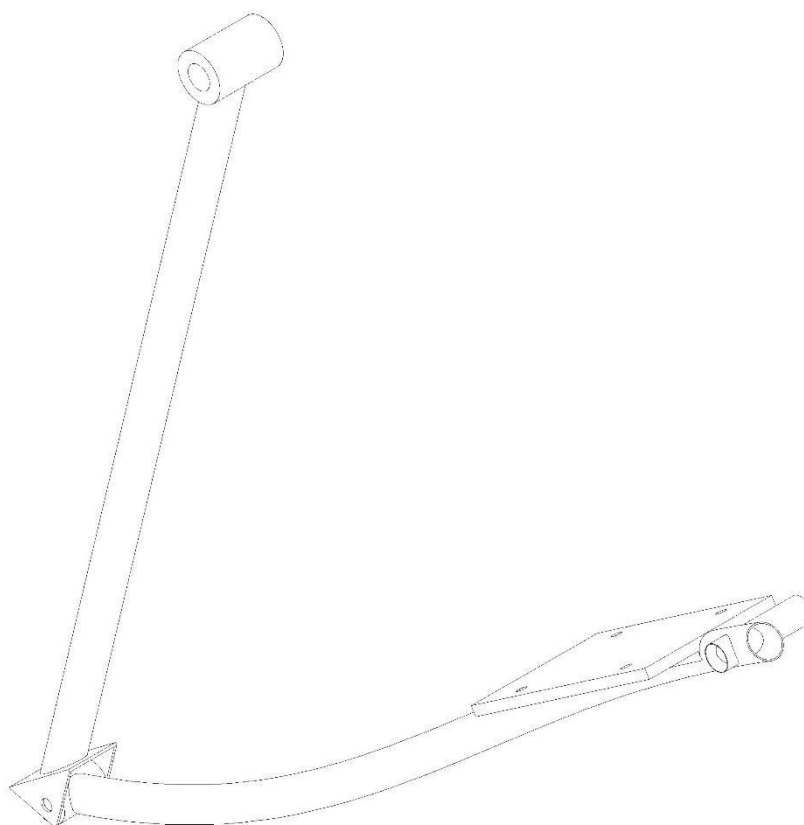


Ilustração 89 - Geometria do braço elíptico para análise

O material escolhido para a estrutura principal do dispositivo, o quadro, é alumínio 6061 T6, sendo este o alumínio mais comum e usado para a construção de quadros de bicicleta, dado que combina um alto valor de resistência, facilidade de maquinação, bem como boa resistência à corrosão. No caso dos braços elípticos o material selecionado foi o aço

A Tabela 38 contém os valores das propriedades mecânicas dos dois materiais referidos neste parágrafo, levantados da base de dados digital da MatWeb, 2014 e Jaap Shijve (Fatigue of structures and Materials, 2003).

Tabela 38 - Propriedades mecânicas dos materiais

Material	Tensão de cedência (MPa)	Tensão de ruptura (Mpa)	Tensão limite de fadiga (MPa)	Coefficiente de poisson	Módulo de Young (GPa)	Densidade (kg/m³)
Alumínio 6061 T6	276	310	96.5	0.33	68.9	2700
Aço cromo molibdênio 4130	435	340	340	0.29	205	7850

Quanto às condições de fronteira, apoios ou fixação nos modelos a serem analisados, definiu-se para o quadro, que a estrutura estaria apoiada nas extremidades, isto é, na zona de encaixe do guiador e garfo e nas extremidades do eixo traseiro. A carga aplicada por sua vez estará distribuída em três zonas

diferentes, no eixo onde é alojado o sistema de transmissão, bem como na zona de encaixe dos braços elípticos. Foi definido o valor de 1500 N a ser distribuídos pelas superfícies de contato, o peso máximo considerado para a análise é de 110 kg, de notar que a carga foi definida de forma a contabilizar forças adicionais derivadas do movimento em si, tal como contemplar os efeitos que a irregularidade do piso e toda a cinética do movimento elíptico provocam em termos de força de inércia. Na Ilustração 91 - Malha de elementos finitos e condições de carga é possível observar-se as condições de fronteira e carregamentos definidos para o quadro da plataforma.

No caso do braço elíptico considerou-se que o modelo também estaria apoiado nas extremidades, nomeadamente na zona do encaixe do braço ao quadro e na zona de encaixe do eixo pedaleiro. O valor da carga aplicada estará distribuída pela superfície de encaixe da base onde é apoiado o pé para realização do movimento. O valor da força aplicada para o braço elíptico é semelhante ao utilizado para a análise da estrutura, 1500 N.

Sendo que a geometria das estruturas a ser analisadas é tridimensional, os elementos finitos serão igualmente tridimensionais. Os elementos mais frequentemente utilizados em simulações com este tipo de métodos, (MEF) são os hexaedros e tetraedros, no entanto o elemento finito tetraédrico oferece vantagens na fase de construção de malha em problemas com geometria complexa, mas em contrapartida apresenta uma menor exatidão nos resultados em elementos finitos mais refinados. Os tetraedros de segunda e terceira ordem detêm a vantagem evidente de permitirem modelar geometrias curvas, ao contrário dos tetraedros de primeira ordem. Atendendo a este último fator, bem como os referidos previamente neste parágrafo foram selecionados elementos tetraédricos parabólicos de 10 nós (de segunda ordem) com uma aresta de dimensão média definida em 6 mm e 3 mm para o quadro e para o braço elíptico, respetivamente.

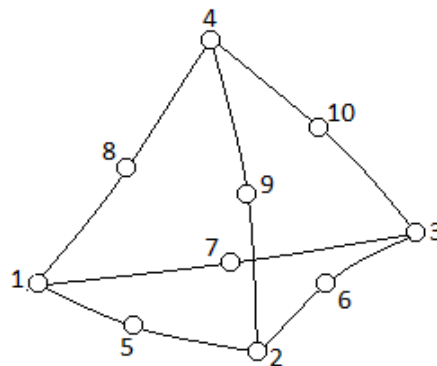


Ilustração 90 - Elemento tetraédrico de 10 nós

Resultando assim uma malha de 123888 nós e 65706 elementos para o quadro e uma malha com 305892 nós e 165894 elementos para o braço elíptico. As malhas obtidas são apresentadas juntamente com as condições de carga nas ilustrações Ilustração 91 e Ilustração 92.



Ilustração 91 - Malha de elementos finitos e condições de carga definido para o quadro



Ilustração 92 - Malha de elementos finitos e condições de carga definido ara o braço elíptico

Para a análise da resistência do dispositivo às solicitações mecânicas a que será sujeita durante a sua utilização, serão estudados os valores de deslocamento dos nós e tensões de *Von Mises* resultantes da simulação numérica. Estes valores serão essenciais para análise da resistência à fadiga da estrutura.

5.2.2 Resultados e discussões

Concluídas as simulações numéricas segundo as condições anteriormente nomeadas, procede-se à análise e discussão dos resultados obtidos referentes à flexão e tensões instaladas nas estruturas analisadas.

Quadro:

Flexão

Os valores de deslocamento dos nós obtidos apresentam um deslocamento máximo na zona de encaixe do selim e, por consequência, do próprio tubo até à zona de encaixe dos rolamentos e elementos da pedaleira, porém os valores obtidos são sensivelmente mais baixos. Este resultado é coerente considerando as condições fronteira definidas anteriormente. Na Ilustração 93, é possível observar-se as zonas com valores máximos de deslocação, assim como os valores das deslocações. Neste caso o valor da flecha máxima atingida é de 1,71 mm, este valor é aceitável para o quadro da plataforma em questão não colocando em causa a sua integridade estrutural.



Ilustração 93 - Deslocamento dos nós para o quadro

Tensões de Von Mises

Para além da análise de deslocamentos são também analisadas as tensões de Von Mises resultantes na estrutura. Analisando a Ilustração 94, é perceptível no gradiente de tensões que estas atingem valores máximos perto dos 94.9 MPa. Estes valores não se distanciam muito do valor de tensão máxima de fadiga do material, que é de 96.5 MPa. De notar que a maior parte da estrutura suporta de forma eficiente a carga aplicada, sendo que a zona azul e zona verde correspondem a intervalos de tensões entre 19 e 56.9 MPa, distantes do valor máximo de tensão limite da fadiga.

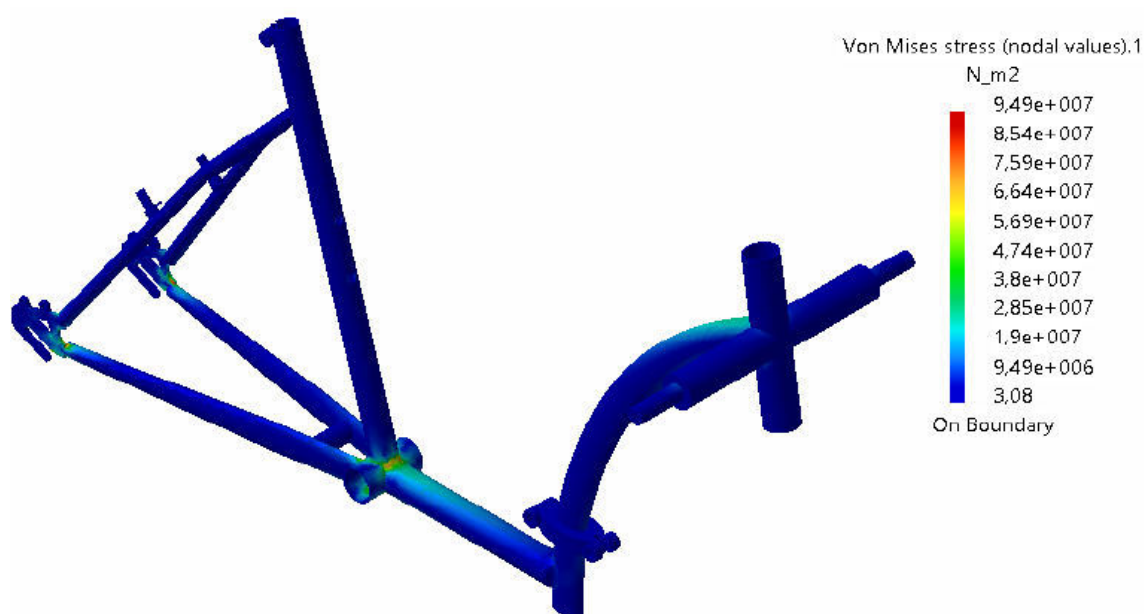


Ilustração 94 - Simulação numérica do quadro

Por outro lado, existe concentração de tensões na zona da junta dobrável, na zona de encaixe do eixo traseiro, zona de encaixe dos elementos da pedaleira e parte superior da parte frontal do quadro. Inicialmente foram definidas as condições de fronteira de encastramento na zona de ligação do guiador e garfo e por fim na zona de encaixe do quadro no eixo traseiro foram restringidos os movimentos de translação. Foram também definidos elementos finitos de dimensão média de 6 mm. Uma das razões para as zonas de concentração de tensões está relacionada com a restrição de deslocação nas zonas onde foram aplicadas as condições de fronteira, este fator leva a que haja valores mais elevados de momentos. Outro fator está relacionado com a modelação do quadro, os pontos críticos, nomeadamente na zona de encaixe dos elementos da pedaleira e na junta dobrável, relacionam-se também com mudanças bruscas da geometria, tornando-se necessário um aumento de raios de concordância entre as geometrias, juntamente com um possível refinamento da malha de elementos finitos.

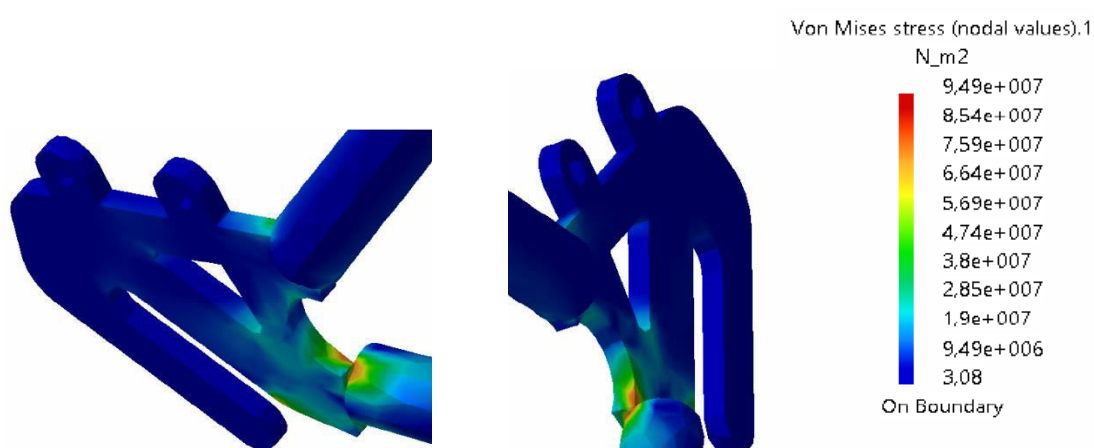


Ilustração 95 - Concentração de tensões na zona de encaixe do eixo traseiro

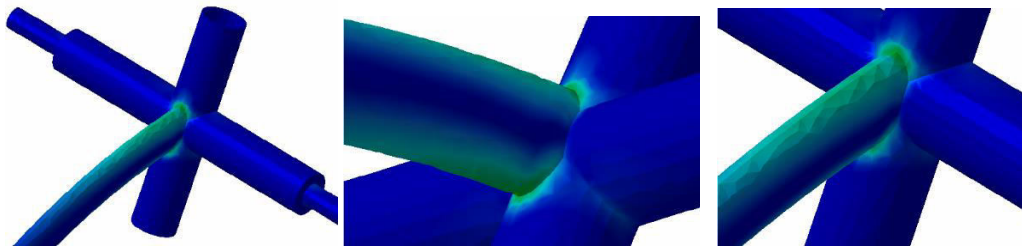


Ilustração 96 - Concentração de tensões na zona superior da parte frontal do quadro

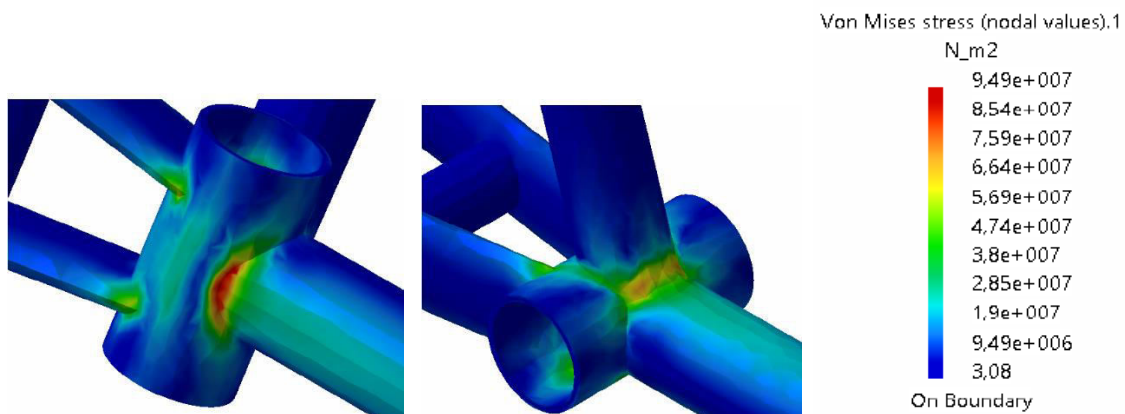


Ilustração 97 - Concentração de tensões na zona de encaixe dos elementos da plataforma

Observando em pormenor as imagens acima é perceptível que as concentrações de tensões na zona de encaixe do eixo traseiro, bem como na estrutura geral, não ultrapassam os 75.9 MPa, que se encontram abaixo da tensão máxima de fadiga. No entanto na Ilustração 97 mostra um pico de tensão na convergência dos elementos integrantes do quadro da plataforma, novamente associados ao baixo refinamento da malha bem como aos ângulos vivos da estrutura.

Braço elíptico:

Flexão

Para o caso de análise do braço elíptico, os valores de deslocamento dos nós obtidos revelam que o deslocamento máximo ocorre na zona central da geometria. O resultado apresentado é perceptível, atendendo às condições de fronteira definidas. Na Ilustração 98 é possível observar-se a localização dos valores máximos de deslocação, assim como o valor máximo atingido, neste caso 0,564 mm. O valor de flecha é admissível não comprometendo a integridade estrutural. De notar que para a análise estrutural do braço foi considerada uma ligação rígida entre os elementos. Este fator influencia os resultados obtidos, não representando uma solução real quando comparado com o modelo verdadeiro.

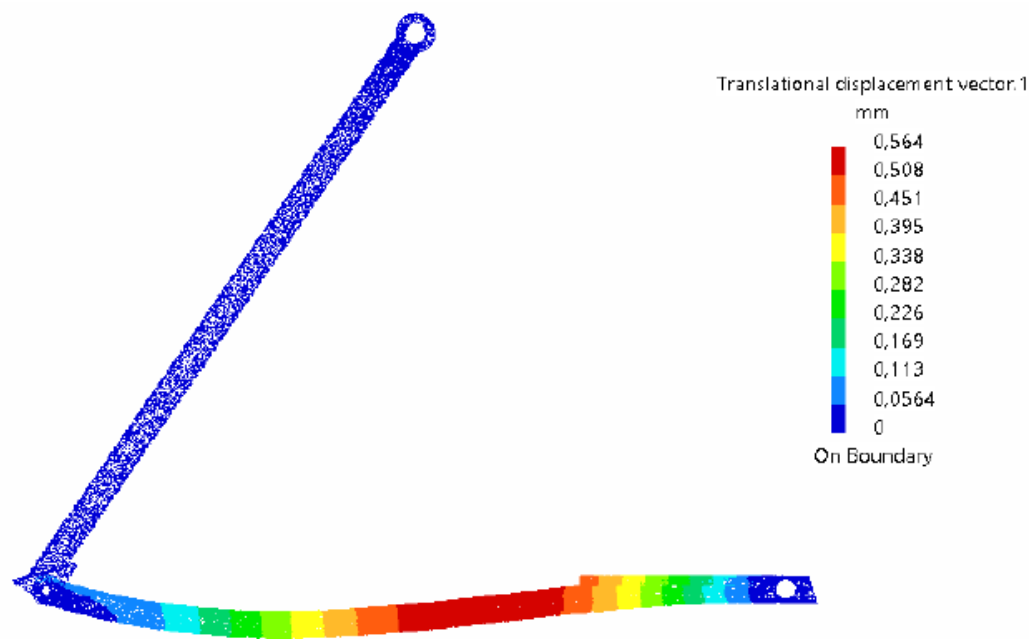


Ilustração 98 - Deslocamento dos nós do braço elíptico

Tensões de Von Mises

Foram também analisadas as tensões de Von Mises resultantes na geometria do braço elíptico. Quando analisada a Ilustração 99 é possível observar-se valores máximos atingidos no gradiente de tensões que estas assumem valores perto dos 306 MPa. Estes valores encontram-se abaixo do valor de tensão limite de fadiga do material, que é de 469 MPa. À semelhança do quadro da estrutura, a maior parte do braço elíptico aguenta de forma eficiente a carga aplicada. Toda a zona verde corresponde a intervalos de tensão entre 91.7 e 183 MPa, aproximadamente metade do valor de tensão limite de fadiga.

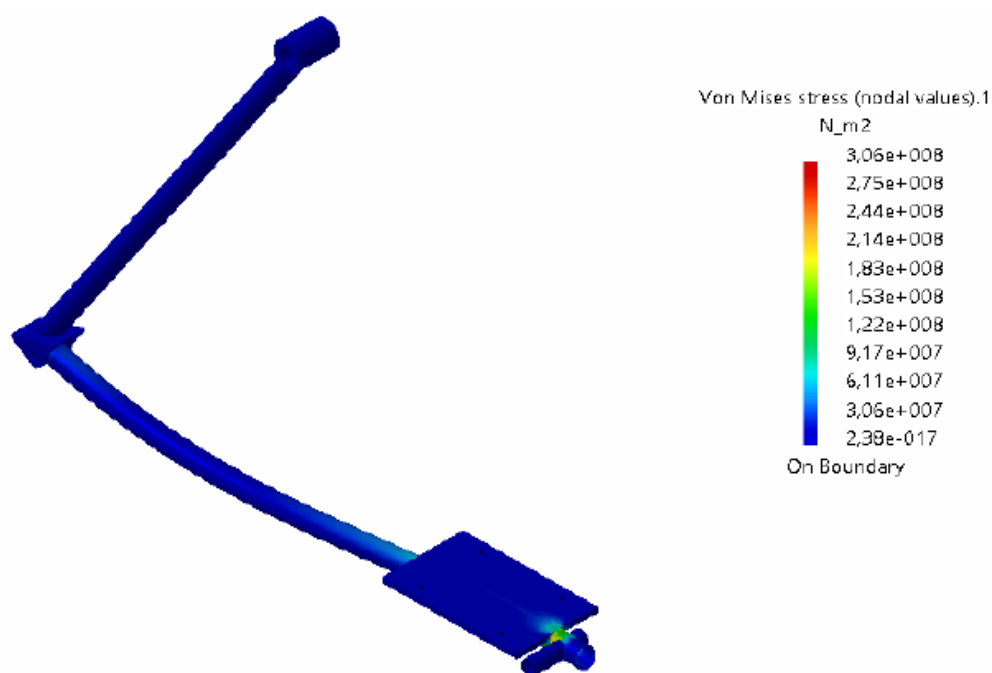


Ilustração 99 - Simulação numérica do braço elíptico

No entanto, existe concentração de tensões na zona de encaixe do veio da pedaleira (ver Ilustração 100). Como foi referido anteriormente, no caso da análise das tensões do quadro, estes resultados advêm das condições de fronteira definidas inicialmente e a modelação da geometria analisada. No entanto, é possível observar-se que as zonas de maior concentração de tensão não excedem o valor da tensão limite de fadiga. De notar ainda que a força aplicada considerada foi a mesma definida para análise do quadro, sendo que no caso do braço elíptico é aplicada uma força em ambos os braços durante o movimento executado. Para além disso, a posição do utilizador (sentado vs. em pé) também influencia a força aplicada no pedal.

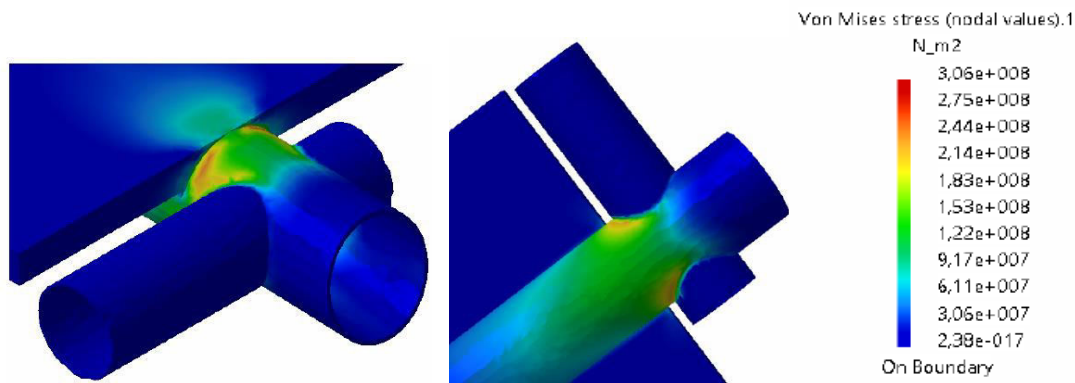


Ilustração 100 - Concentração de tensões perspetiva da plataforma, assim como desenho de pormenor nas zonas mais importantes (Direção e eixo pedaleiro).

No anexo II seguem os esquemas de montagem da plataforma. Neste anexo encontra-se um desenho em vista explodida juntamente com os desenhos de montagem dos módulos associados (braços elípticos esquerdo e direito, direção, guiador, roda dianteira e eixo pedaleiro).

Por último no anexo III encontram-se os desenhos de definição dos vários componentes com a cotação e toleranciamento dos mesmos. Neste anexo seguem os desenhos de definição da junta dobrável, do quadro e dos braços elípticos.

5.3 Desenhos técnicos

Numa fase final do projeto foram elaborados os respetivos desenhos técnicos do dispositivo, de acordo com [51] Simões Morais, 2006.

No anexo I encontram-se os desenhos de conjunto. Foram elaborados desenhos em perspetiva da plataforma, assim como desenho de pormenor nas zonas mais importantes (Direção e eixo pedaleiro).

No anexo II seguem os esquemas de montagem da plataforma. Neste anexo encontra-se um desenho em vista explodida juntamente com os desenhos de montagem dos módulos associados (braços elípticos esquerdo e direito, direção, guiador, roda dianteira e eixo pedaleiro).

Por último no anexo III encontram-se os desenhos de definição dos vários componentes com a cotação e toleranciamento dos mesmos. Neste anexo seguem os desenhos de definição da junta dobrável, do quadro e dos braços elípticos.

Capítulo 6 Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

Atualmente vivemos numa sociedade movida pelo transporte individual motorizado devida ao crescimento económico tecnológico destas últimas décadas, sendo desvalorizados os transportes públicos e coletivos. No entanto dada a frequente subida do preço dos combustíveis, aumento de impostos sobre os veículos, diminuição do poder económico do cidadão, etc. este último tem vindo a procurar alternativas para o seu meio de deslocação diária, sendo que os veículos elétricos a pedal tem vindo a ser uma resposta para essa necessidade. Tendo em conta que os temas saúde, ambiente e economia têm vindo a crescer na nossa sociedade surgiu esta proposta de tese para tentar responder e minimizar o impacto das consequências negativas dos problemas causados pela mobilidade. Isto é, a plataforma desenvolvida tem por objetivo incentivar o uso de veículos não poluentes, reduzindo assim custos associados a combustíveis, (visto estes serem nulos), bem como incentivar a prática diária de exercício físico. No caso deste produto em particular são apresentados várias opções suplementares, de forma a proporcionarem um uso mais completo e confortável da plataforma em si.

Através da análise de mercado realizado foram encontradas diversas soluções de mobilidade urbana individual sustentável, contextualizando a análise da concorrência para o segmento de produto em desenvolvimento foram selecionadas as plataformas de bicicletas elétricas dobráveis e não dobráveis a pedal e manuais. De forma mais detalhada foram pesquisados produtos movidos através de movimento elíptico e *step*, sendo que estes últimos apenas são comercializados no estrangeiro. Neste contexto a plataforma de mobilidade individual sustentável desenvolvida no âmbito desta dissertação parece traduzir-se num desafio e numa oportunidade para o mercado nacional.

Todo o processo de desenvolvimento seguiu uma metodologia que teve em consideração todos os aspetos relacionados com o produto, desde o cliente às especificações técnicas, passando pelo *design* industrial e arquitetura, até às ferramentas de *design* robusto. Toda esta metodologia possibilitou o desenvolvimento do produto de uma forma integrador, com maior foco nos aspetos mais relevantes e diferenciadores do produto. A proposta final aqui apresentada responde à maioria das necessidades definidas pelos inquiridos, pelo que se pode dizer que todo o conceito e produto em si são válidos. Após a conceção e desenvolvimento de produto, é possível concluir-se que o produto poderá ser utilizado tanto numa vertente de lazer e desporto, como de mobilidade urbana, acrescentando que a possibilidade e facilidade de implementação do equipamento elétrico proporciona um maior conforto e flexibilidade

para tal. Ainda a nível da mobilidade urbana, de notar que foi realizado um esforço para que a plataforma ocupasse um volume reduzido, no entanto devido ao tipo de movimento exercido para gerar a locomoção, a capacidade de resposta a essa necessidade foi bastante limitado, ainda assim a volumetria do produto não difere muito de uma bicicleta comum, o que possibilita o seu transporte num transporte público.

No âmbito de preço estimado para a plataforma, parâmetro de elevada importância para o cliente e potencial empresa interessada no seu fabrico e comercialização, aparenta a ser bastante elevado quando comparado com uma bicicleta comum, mas quando comparado com meios de mobilidade correspondentes conclui-se que está dentro dos valores de venda destes. No entanto o preço está sujeito a variações devido a todas as considerações levadas em conta durante o projeto, tal como a estimativa dos preços dos componentes comprados à unidade e não em quantidades, onde descontos comerciais podem ser significativos. Assim como o processo de produção das peças específicas e montagem, estes valores também foram estimados para a produção de uma unidade, pelo que, no caso de ser fabricado um grande número de plataformas, estes custos podem ser também reduzidos, acabando por, consequentemente, reduzir o valor final estimado. Esta redução de preço permite um valor mais competitivo quando comparado a meios convencionais, nomeadamente com a bicicleta, e a diferenciação e modularidade poderão justificar um custo adicional para o cliente, não menosprezando o facto de ser possível adquirir o material suplementar oferecido individualmente, e quando o cliente assim o desejar.

No âmbito de trabalhos futuros, uma proposta passa obrigatoriamente pela conceção de um sistema mais simples e prático para facilitar o transporte e arrumação, para qualquer situação, em especial para a possibilidade de menor ocupação em transportes públicos e coletivos. Aqui uma das soluções possíveis seria substituir o tipo de movimento realizado, neste caso elíptico, para, por exemplo o step, eliminando parcialmente o braço elíptico que apresenta o maior entrave para a redução de volumetria.

Bibliografia

- [1] *3G stepper / Fitness stepper bikes*. (2013). Obtido de página da 3G stepper | Fitness stepper bikes: <http://www.3gstepper.com/>
- [2] AKAO, Y. (1996). *Manual de aplicação do desdobramento da função qualidade (Volume 1) - Introdução ao desdobramento da qualidade, trad. de Zelinda Tomie Fujikawa e Seiichiro*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG.
- [3] *Albabici*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página da Albabici: <http://www.albabici.com/>
- [4] Amaral, E. A. (2006). *Gestão de desenvolvimento do produto 1*. São Paulo: Saraiva.
- [5] Antres. (15 de Março de 2013). *casepagam - 1.910 km*. Obtido de página da casepagam: <http://casepagam.blogs.sapo.pt/6692.html>
- [6] Arezes, P. M. (2006). *Estudo Antropométrico da população portuguesa*. Lisboa: Instituto para a Segurança, Higiene e Saúdeno trabalho.
- [7] *Bicicletas elétricas*. (2013). Obtido de página de bicicletas elétricas: <http://www.bicicletaselectricas.pt/>
- [8] *Bicicletas especiais - Triciclo praiano elétrico*. (18 de março de 2013). Obtido de Página Bikemoto: http://www.bikemoto.net/index.php?route=product/product&path=61&product_id=155
- [9] *Bicycle hero*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página de Bicycle hero: www.bicyclehero.com
- [10] *Bike 24*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página da Bike 24: <http://www.bike24.com/>
- [11] *Bike Biz*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página da bike biz: <http://www.bikebiz.com/>
- [12] *Bike magazine- O tamanho correto do quadro*. (29 de junho de 2013). Obtido de Página bikemagazine: <http://www.bikemagazine.com.br/2011/11/tamanho-correto-quadro/>
- [13] *Bike Nashbar*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Pagina da Bike Nashbar. com: <http://www.nashbar.com/>
- [14] *Bike Zone*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página da bike zone: www.bikezone.pt
- [15] *Bikeradar. The world is for riding*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página de Bikeradar: <http://www.bikeradar.com/>
- [16] *Bikewagon*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página da Bikewagon: <http://www.bikewagon.com/>
- [17] Borut, F. &. (2010). *Biomechanics of cycling*.
- [18] Branco, S. M. (2004). *Poluição do ar - Coleção Polêmica - 2ª edição*. Curitiba: Moderna.
- [19] Bronmetal. (2014). Madrid.
- [20] Bullock, G. E. (2009). *A qualitative analysis of the biomechanics of proper pedal stroke*.

- [21] Cags, R. (6 de Junho de 2013). *Why to brick workout: Different muscles action when running and cycling*. Obtido de página da tribesports: <http://tribesports.com/guides/why-to-brick-workout-different-muscle-action-when->
- [22] Cassiano, T. (2 de julho de 2013). *Bike Fit/ Ergonomia do ciclista/ Morfologia do Ciclista/ Regulagem da Bicicleta*. Obtido de página da blogspot: <http://tiagocassiano.blogspot.pt/2010/10/bike-fit-ergonomia-do-ciclista.html>
- [23] Chipbike. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de página da Chipbike: <http://www.chipbike.com/>
- [24] Comission, E. (2000). *The auto-oil II programme - A report from the services of the European Comission*.
- [25] Commission, E. (2011). *EU transport in Figure - Statistical pocketbook*. Luxemburgo: Puclications Office of the European Union.
- [26] Cuité, M. (6 de junho de 2013). *MTB Cuité - O princípio Básico do Ciclismo*. Obtido de Página da mtbcuitepb: <http://mtbcuitepb.blogspot.pt/2012/10/o-principio-basico-do-ciclismo.html>
- [27] Davis, R. R. (1981). Measurement of pedal loading in bicycling: II Analysis en results. *Jornal of Biomechanics*, v. 14, n^o 12, (pp. 857-872).
- [28] Decathlon. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página da Decathlon: <http://www.decathlon.pt/>
- [29] Di Alencar, T. . (2010). Cinesiologia e biomecânica do ciclismo: uma revisão . Em *Revista Movimenta, Volume 3, N^o 1* (pp. 40-51).
- [30] ElliptiGo. (2013). Obtido de página da ElliptiGo: <http://www.elliptigo.com/>
- [31] Energia, G. (15 de março de 2013). *Sustentabilidade Carro Elétrico*. Obtido de <http://www.galpenenergia.com/PT/Sustentabilidade/inovacao-e-tecnologia/id-e-inovacao/projetos-de-inovacao/Paginas/carro-eletrico.aspx>
- [32] Ericson, M. O. (1988). Efficiency of pedal forces during ergometer cycling. *Jornal of Sports Medicine*, 9(2), 118-122.
- [33] Europe, B. (2012). *European Bicycle Market 2012 Edition - Industry & Market Profile*. Brussels: Colibi-Coliped.
- [34] European, E. A. (2011). *Laying the foundations for greener transport - transport indicators tracking progress towards environment targets in Europe*. Luxemburgo: Office for Oficial Publications of the European Union.
- [35] Ferpinta, G. (2014).
- [36] Flexefelina. (2014). *Flexefelina steel tubes catálogo de produtos*. Vila Nova de Famalicão.
- [37] Gingabike, B. e. (18 de março de 2013). Obtido de Página da Gingabike: <http://www.gingabike.pt/>
- [38] Hinault, B. &. (1988). *Ciclismo de estrada*. Lisboa: Editorial Presença.
- [39] Hoes, B. (1968). Measurementof forces exerced on pedal and crank during work on a bicycle ergometer at different workload. Em *International Zeitschrift Fur Angenandte Physiologie, Einshliesslich Arbeiphiysiologie*, 26(1) (pp. 33-42).
- [40] Humpert, W., & Co., G. &. (2012). *Ergotec - The guide to cycling Ergonomics*. Germany.
- [41] Ishida, R. (1997). Nomenclatura em análise de marcha . Em M. S. Batistella, *Análise da marcha: manual do CAMO-SBMFR* (pp. 17-24). São Paulo: Lemos- Editorial.
- [42] *kit ebike*. (15 de Maio de 2014). Obtido de Página de kit ebike: <http://www.e-bike.com.pt/>
- [43] Komistek, R. D. (1997). Mathematical model of the lower extremity joint reaction forces using Kane's method of dynamics. *Jornal of Biomechanics Volume 31*, 185-189.
- [44] Lanema. (2014). *veios temperados e rectificados*. Ovar.

- [45] Lewis, C. L. (julho de 19 de 2008). Walking wit ankle pushoff decreased hip muscles momenth increased. *Jornal of Biomechanics*, Volume 41, pp. 2082-2089.
- [46] Litman, T. (2012). *Evaluating non-motorized transportation*.
- [47] Lúcia, D. (2 de março de 2013). *Bugas de Aveiro só para passeio*. Obtido de Página ambiente online: <http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=9623>
- [48] *MatWeb*. (10 de Maio de 2014). Obtido de página da MatWeb: <http://www.matweb.com/>
- [49] Ministros, P. d. (20 de fevereiro de 2009). O orçamento do estado para 2009, aprovado pela lei nº64-A/2008, de 31 de Dezembro. *Diário da República*, 1ª série-nº36, p. 1165.
- [50] Mobi-e. (21 de fevereiro de 2013). *Mobilidade Elétrica*. Obtido de Página mobie: <http://www.mobie.pt/veiculos;jsessionid=E29F6AC9D5FE48A5BB9A35AEA94AD684.jvm1>
- [51] Moraes, J. M. (2006). *Desenho Técnico Básico Volume 3*. Porto: Porto Editora.
- [52] *MSC Industrial supply CO*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de página da MSC: <http://www.mscdirect.com/>
- [53] *NunoCampas.com*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página do NunoCampas.com: <http://www.nunocampas.com/>
- [54] Organization, W. H. (2009). *World Health Statistics*.
- [55] Perry, J. (2005). *Análise da marcha*. São Paulo: Manole.
- [56] Piejko, P. (18 de março de 2013). *spnKIX motorized shoes edge closer to production*. Obtido de Página gizmag: <http://www.gizmag.com/spnkix/20913/#>
- [57] Pinto, S. (2007). A anânile da marcha humana. Lisboa.
- [58] pitassi, T. (15 de março de 2013). *Anatomy Foot/Lower Leg*. Obtido de Página Studyblue: <http://www.studyblue.com/notes/note/n/anatomy-footlower-leg/deck/3160381>
- [59] *ProBikeShop*. (8 de Dezembro de 2013). Obtido de Página da probikeshop: <http://www.probikeshop.pt/>
- [60] Renold. (2012). *Transmission - Chain catalogue*.
- [61] Santos, P. (15 de maço de 2013). *Jornal de notícias*. Obtido de Página Jornal de notícias: http://www.jn.pt/Paginalnicial/Desporto/Interior.aspx?content_id=1065748
- [62] *Streetstrider*. (2013). Obtido de página da Streetstrider: <http://www.streetstrider.com/>
- [63] Teixeira Dias, F. P. (2009). *Métodos dos Elementos Finitos - Técnicas de Simulação Numérica em Engenharia*. Aveiro: Isboa:ETEP.
- [64] Too, D. &. (s.d.). The biomechanics of forces and power in human power vehicles. *Human Power number 55*, 3-6.
- [65] *Trotinete elétrica*. (18 de março de 2013). Obtido de Página Shop mania: <http://www.shopmania.pt/other/p-trotineta-electrica-350w-4831021>
- [66] *Trotinetes gasolina*. (18 de março de 2013). Obtido de Página Loja das Trotinetes: http://www.lojastrotinetes.net/trotinetes_gasolina.php
- [67] UVP/FPC, F. P. (2007). *Guia de Controlo da Bicicleta e Equipamento*.
- [68] *Zike*. (2013). Obtido de página da Zike: <http://www.zike.net/>

Anexo I

(Matriz QDF)

Correlação entre requisitos de cliente e de produto		
●	Forte	9
○	Moderado	3
△	Fraco	1

Escala Likert	1	2	3	4	5
Critério de Kano	L	O	E		
Argumento de venda	1	1,2	1,5		

RC: Requisitos do Cliente	Aparência	Ter um design arrojado e atraativo		2	L	2	3	4	3	3	4	4	4	1,3	1,0	2,7	4,9
	Manobrabilidade	Fácil arrumação		4	L	2	3	2	3	3	2	3	4	1,3	1,0	2,7	4,9
		Peso reduzido		5	O	4	3	4	3	3	3	4	4	1,3	1,0	5,3	9,8
		Praticabilidade		5	L	3	3	2	3	3	4	3	4	1,3	1,0	4	7,4
		Volume reduzido		3	O	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1,0	3	5,5
	Robustez	Adaptabilidade a vários terrenos		5	L	5	3	4	2	4	3	4	4	1,3	1,0	6,7	12
		Estrutura robusta		4	L	4	3	5	3	5	5	5	5	1,7	1,0	6,7	12
	Conforto	Ser seguro		1	O	5	3	4	4	4	5	4	5	1,7	1,0	8,3	15
		Configuração ergonômica		3	O	4	3	3	3	3	4	3	4	4	1,3	1,0	5,3
	Custo	Estrutura motorizada		2	E	1	3	1	1	1	4	1	4	1,3	1,0	1,3	2,5
Sustentabilidade	Ter um custo baixo		4	O	5	3	3	4	3	3	3	4	1,3	1,0	6,7	12	
Sustentabilidade	Mobilidade sustentável		1	E	1	3	5	5	5	5	5	5	1,7	1,0	1,7	3,1	

Anexo II

(Desenhos de Conjunto)

D

C

B

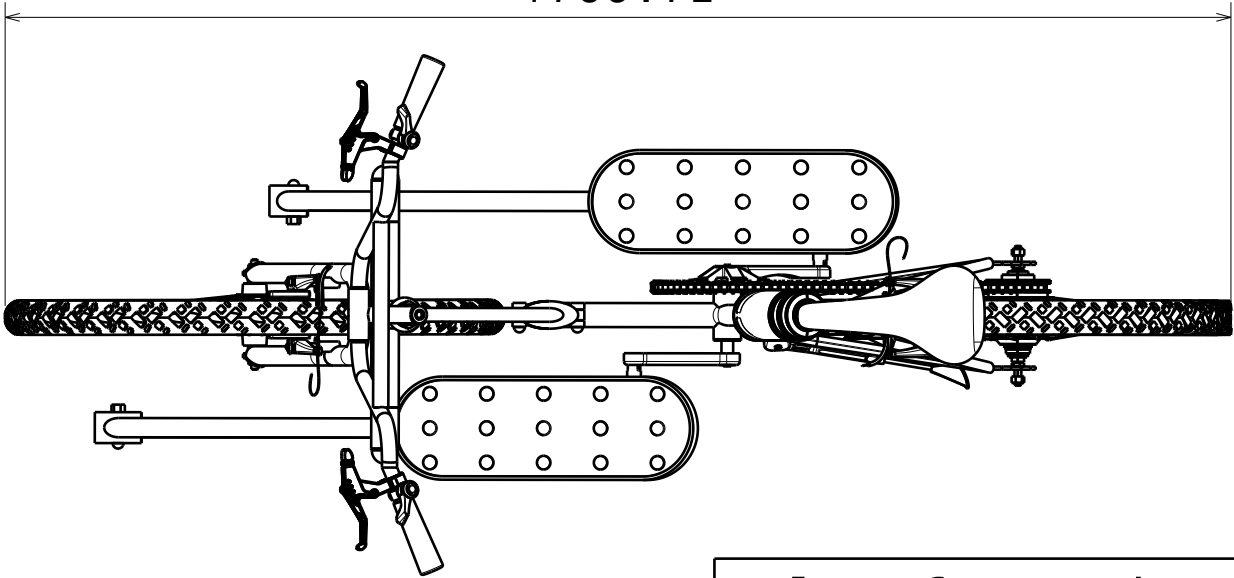
A

Nº	Nome	Material	Fornecedor	Qnt	
1	Punho		Decathlon	2	
2	Seletor de mudanças		Bicycle hero	2	
3	Travão		Nashbar	2	
4	Guiador		Bike zone	1	
5	Avanço		Biz bike	1	
5.1	Triângulo avanço		Biz bike	1	
6	Parafuso aperto avanço ISO 1207 M6x40 - 5.8		Fuller metric parts Ltd.	1	
7	Parafuso superior do garfo ISO 4762 M8x80		Fuller metric parts Ltd.	1	
8	Anel de vedação		Pro bike shop	1	
9	Porca ISO 8675 M27 - 8.8		Bicycle hero	1	
10	Ajustador		Bicycle hero	1	
10.1	Caixa de esferas		Bicycle hero	2	
11	Guia superior		Bicycle hero	1	
12	Parte frontal do quadro	Aluminio		1	
12.1	Peça limitadora do ângulo de direção	Alumínio		1	
13	Cone inferior		Bicycle hero	1	
14	Garfo		Bike 24	1	
15	Braço elíptico direito	Aço		1	
15.1	Parte inferior braço direito	Aço		1	
15.2	Parafuso ISO 4762 M10x55 - 8.8		Fuller metric parts Ltd.	2	
15.3	Porca ISO 4034 M8 - 8		Fuller metric parts Ltd.	2	
15.4	Parafuso ISO 4014 M8x20 - 8.8		Fuller metric parts Ltd.	2	
15.5	Parte superior braço direito	Aço		2	
16	Braço elíptico esquerdo	Aço		1	
16.5	Parte inferior braço esquerdo	Aço		1	
17	Parafuso de bloqueio (braço)	Aço		2	
18	Plataforma para o pé	Plástico		2	
19	Crank direito		Bike wagon	1	
19.1	Veio de encaixe para a plataforma	Aço		1	
19.2	Rebite C8x9			5	
19.3	Parafuso ISO 8676 M8x16 - 8.8		Fuller metric parts Ltd.	2	
19.4	Anilha ISO 7093 M8 - 8.8		Fuller metric parts Ltd.	2	
19.5	Encaixe veio pedaleiro	Aço		2	
19.6	Rolamento 61803 2RS		MSC	2	
19.11	Veio pedaleiro			1	
20	Crank esquerdo		Bike wagon	1	
21	Prato pedaleiro 53 dentes		Bike wagon	1	
22	Corrente		Decathlon	1	
24	Junta dobrável	Alumínio		1	
25	Parte traseira do quadro	Alumínio		1	
26	Selim		Pro bike shop	1	
27	Espigão de selim		OZONE	1	
28	Aperto rápido		Decathlon	1	
29	Travão de calço		Pro bike shop	2	
30	Cubo de 8 velocidades internas		Shimano	1	
31	Veio do eixo traseiro		Shimano	1	
32	Roda traseira 20''		Decathlon	1	
32.1	Porca cubo de velocidades ISO 4032 M10 - 8		Fuller metric parts Ltd.	2	
32.2	Câmara de ar da roda traseira		Decathlon	1	
32.3	Pneu		Decathlon	1	
33	Porca eixo traseiro ISO 4033 M10 - 8.8		Fuller metric parts Ltd.	2	
34	Roda dianteira 24 ''		Decathlon	1	
34.1	Cubo da roda dianteira		Bicycle hero	1	
34.2	Cone		bicycle hero	2	
34.3	Caixa de esferas		MSC	2	
34.4	Câmara de ar		Dectahlon	1	
34.5	Pneu da roda dianteira		Decathlon	1	
35	Veio do eixo dianteiro		Bicycle hero	1	
36	Porca eixo dianteiro ISO 4034 M10 - 8		Fuller metric parts Ltd.	2	
37	Porta garrafa		Decathlon	1	
38	Garrafa		Decathlon	1	
39	Descanso		Albabici	1	
40	Parafuso do descanso ISO 7380 M10X30 - 12.9		Albabici	1	

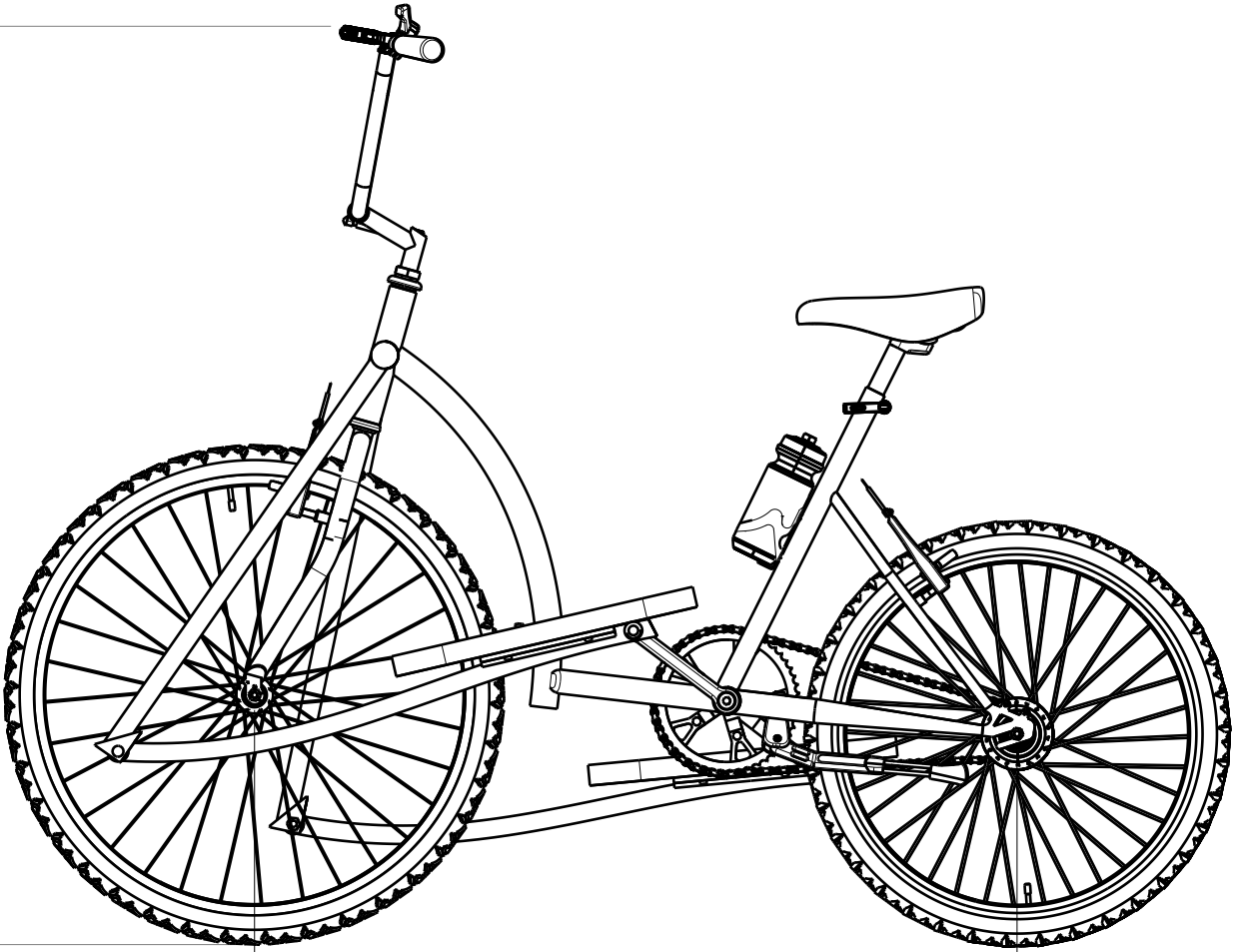
D

A

Plataforma de mobilidade urbana sustentável				
Desenho de conjunto				
Tamanho	Título			
A3	Dispositivo completo			
Escala 1:11	Sarah Almeida	2014	Folha	1/3

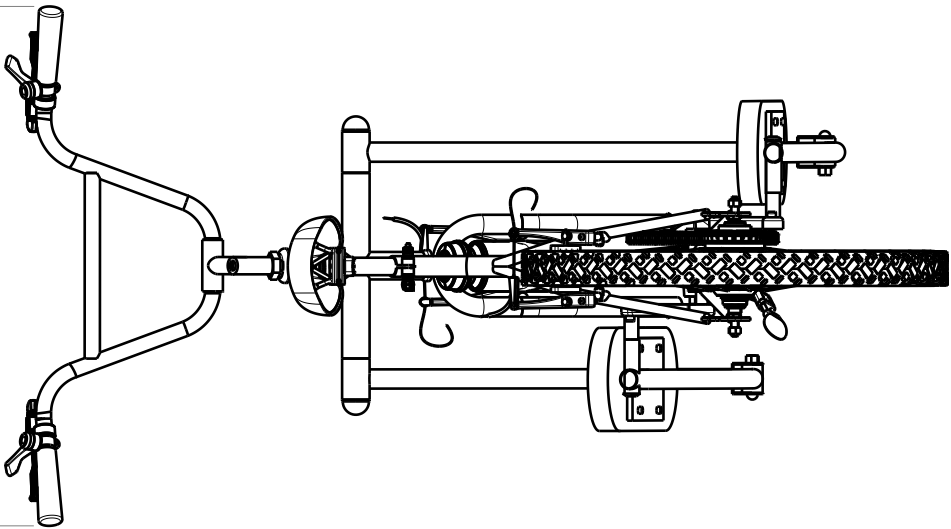


1783.72



1110.49

1337.22



755.49

4

3

2

1

4

3

2

1

H

G

F

E

D

C

B

A

H

G

B

A

4

Nº	Name	Qty
1	Punho	2
2	Mudanças	2
3	Travão	2
4	Guiador	1
5	Avanço	1
12	Parte frontal quadro	1
14	Garfo	1
15	Braço elíptico direito	1
16	Braço elíptico esquerdo	1
17	Parafuso de bloqueio (braço)	2
18	Plataforma para o pé	2
19	Crank direito (pedaleira)	1
21	Prato pedaleiro	1
22	Corrente	1
23	Encaixe veio pedaleiro	2
24	Junta dobrável	1
25	Parte traseira quadro	1
26	Selim	1
27	espigão de selim	1
28	Aperto rápido	1
29	Travão de calço	2
30	Cubo de 8 velocidades internas	1
31	Veio do eixo traseiro	1
32	Roda traseira 20''	1
33	Porca eixo traseiro	2
34	Roda dianteira 24''	1
38	Porta garrafa	1
39	Garrafa	1

3

2

1

Diagram illustrating the components of a sustainable urban mobility platform (bicycle) with numbered callouts:

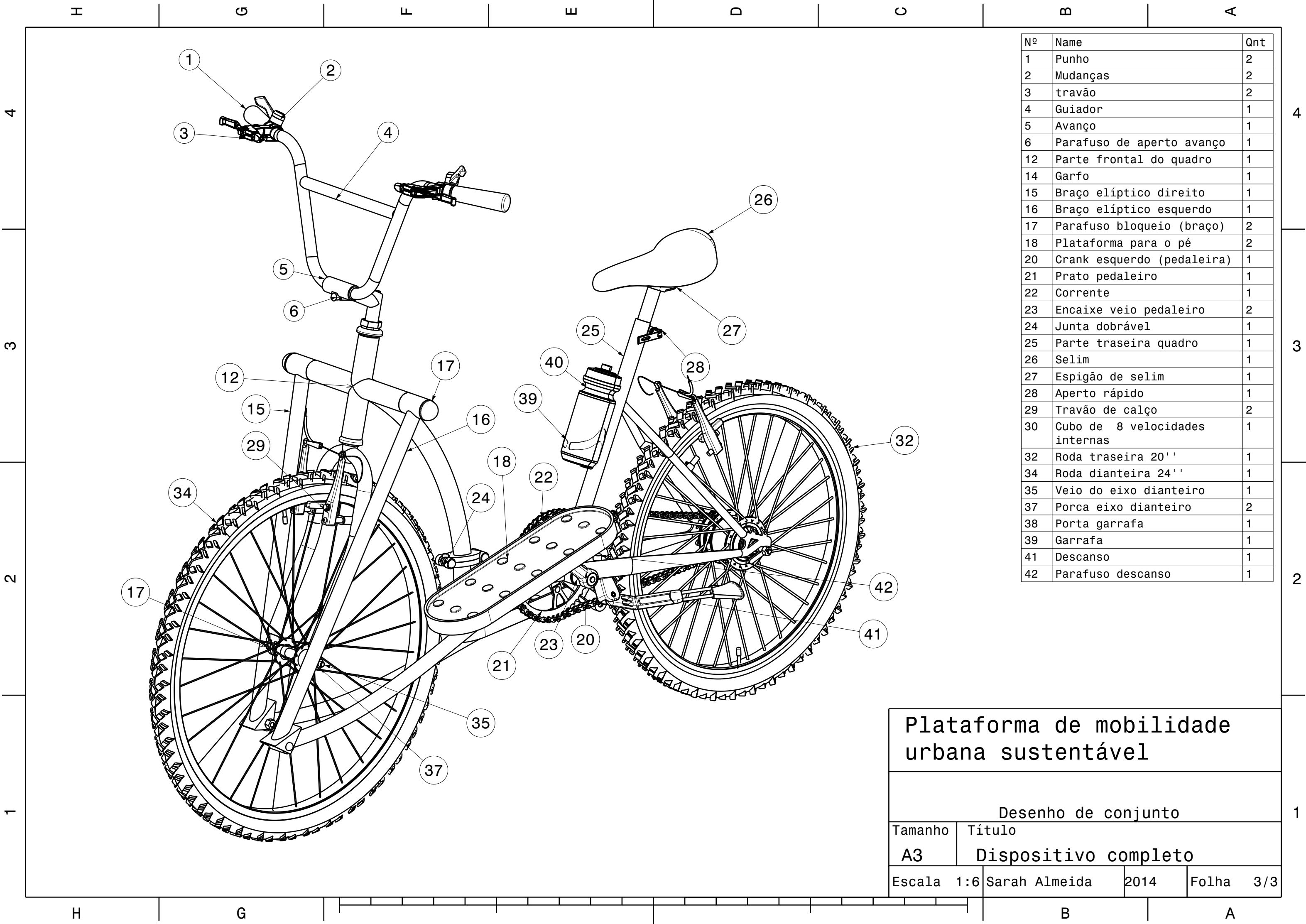
- 1: Punho (Handlebar)
- 2: Mudanças (Shifters)
- 3: Travão (Brake)
- 4: Guiador (Handlebar)
- 5: Avanço (Front fender)
- 12: Parte frontal quadro (Front frame)
- 14: Garfo (Fork)
- 15: Braço elíptico direito (Right elliptical arm)
- 16: Braço elíptico esquerdo (Left elliptical arm)
- 17: Parafuso de bloqueio (braço) (Locking screw (arm))
- 18: Plataforma para o pé (Foot platform)
- 19: Crank direito (pedaleira) (Right crank (pedal))
- 21: Prato pedaleiro (Pedal plate)
- 22: Corrente (Chain)
- 23: Encaixe veio pedaleiro (Pedal axle fitting)
- 24: Junta dobrável (Foldable joint)
- 25: Parte traseira quadro (Rear frame)
- 26: Selim (Saddle)
- 27: espigão de selim (Saddle post)
- 28: Aperto rápido (Quick release)
- 29: Travão de calço (Coaster brake)
- 30: Cubo de 8 velocidades internas (8-speed internal hub)
- 31: Veio do eixo traseiro (Rear axle)
- 32: Roda traseira 20'' (20" rear wheel)
- 33: Porca eixo traseiro (Rear axle nut)
- 34: Roda dianteira 24'' (24" front wheel)
- 38: Porta garrafa (Bottle holder)
- 39: Garrafa (Bottle)

Plataforma de mobilidade urbana sustentável

Desenho de conjunto

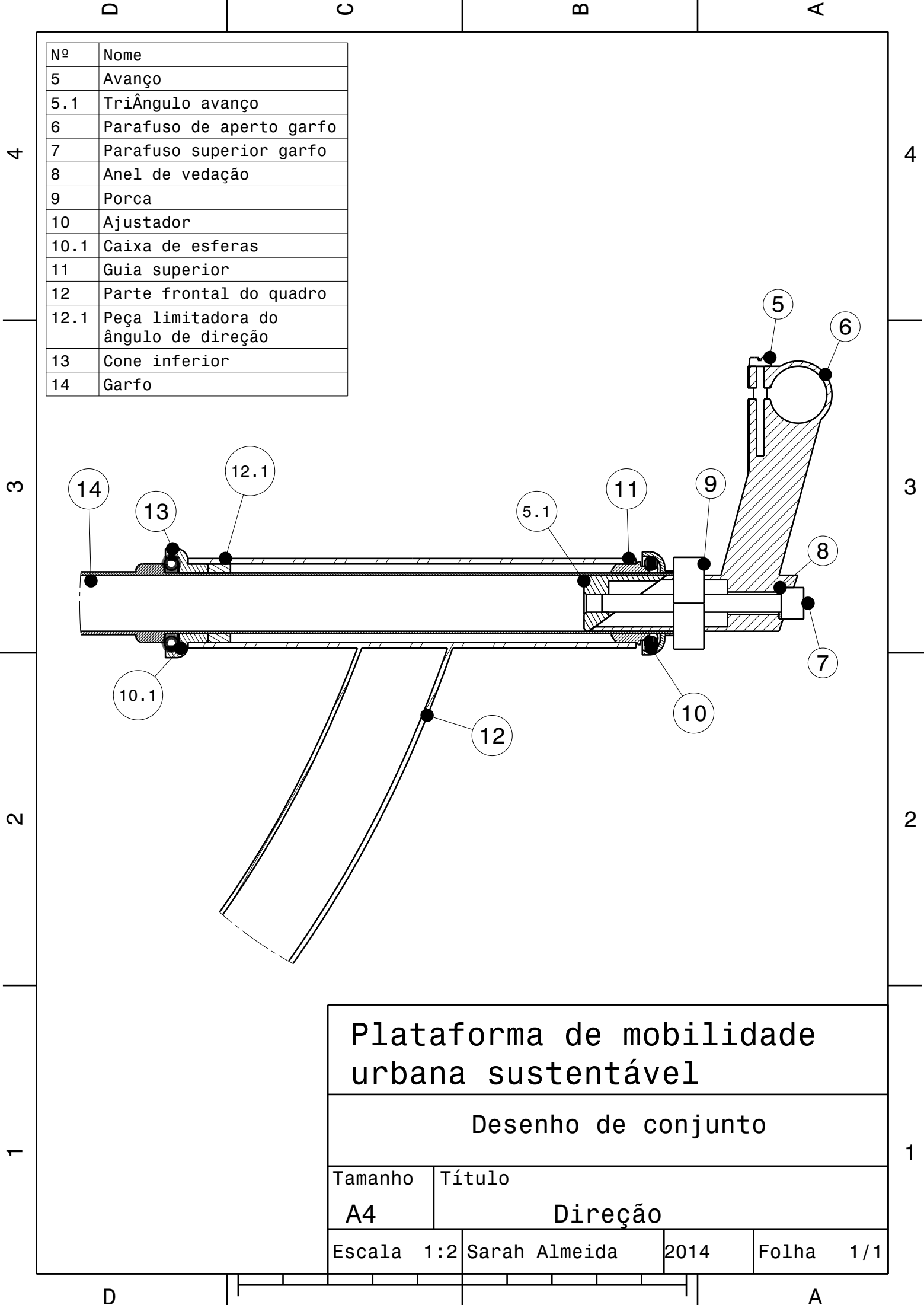
Tamanho	Título		
A3	Dispositivo completo		
Escala	1:6	Sarah Almeida	2014
Folha	2/3		

1



Nº	Name	Qty
1	Punho	2
2	Mudanças	2
3	travão	2
4	Guiador	1
5	Avanço	1
6	Parafuso de aperto avanço	1
12	Parte frontal do quadro	1
14	Garfo	1
15	Braço elíptico direito	1
16	Braço elíptico esquerdo	1
17	Parafuso bloqueio (braço)	2
18	Plataforma para o pé	2
20	Crank esquerdo (pedaleira)	1
21	Prato pedaleiro	1
22	Corrente	1
23	Encaixe veio pedaleiro	2
24	Junta dobrável	1
25	Parte traseira quadro	1
26	Selim	1
27	Espigão de selim	1
28	Aperto rápido	1
29	Travão de calço	2
30	Cubo de 8 velocidades internas	1
32	Roda traseira 20''	1
34	Roda dianteira 24''	1
35	Veio do eixo dianteiro	1
37	Porca eixo dianteiro	2
38	Porta garrafa	1
39	Garrafa	1
41	Descanso	1
42	Parafuso descanso	1

Plataforma de mobilidade urbana sustentável				
Desenho de conjunto				
Tamanho	Título			
A3	Dispositivo completo			
Escala	1:6	Sarah Almeida	2014	Folha 3/3



Nº	Nome
5	Avanço
5.1	Triângulo avanço
6	Parafuso de aperto garfo
7	Parafuso superior garfo
8	Anel de vedação
9	Porca
10	Ajustador
10.1	Caixa de esferas
11	Guia superior
12	Parte frontal do quadro
12.1	Peça limitadora do ângulo de direção
13	Cone inferior
14	Garfo

Plataforma de mobilidade urbana sustentável			
Desenho de conjunto			
Tamanho	Título		
A4	Direção		
Escala	1:2	Sarah Almeida	2014
Folha		1/1	

4

4

3

3

2

2

1

1

Nº	Nome
19	Crank direito
19.1	Veio de encaixe para a plataforma
19.2	Rebites C8x9
19.3	Parafuso ISO 8676 M8x16 - 8.8
19.4	Anilha ISO 7093 M8 - 8.8
19.5	Encaixe veio pedaleiro
19.6	Rolamento 61803 2RS
19.11	Veio da pedaleira
20	Crank esquerdo
21	Prato pedaleiro 53 dentes
25	Parte traseira do quadro

Plataforma de mobilidade urbana sustentável

Desenho de conjunto

Tamanho

Título

A4

Eixo pedaleiro

Escala

1:1

Sarah Almeida

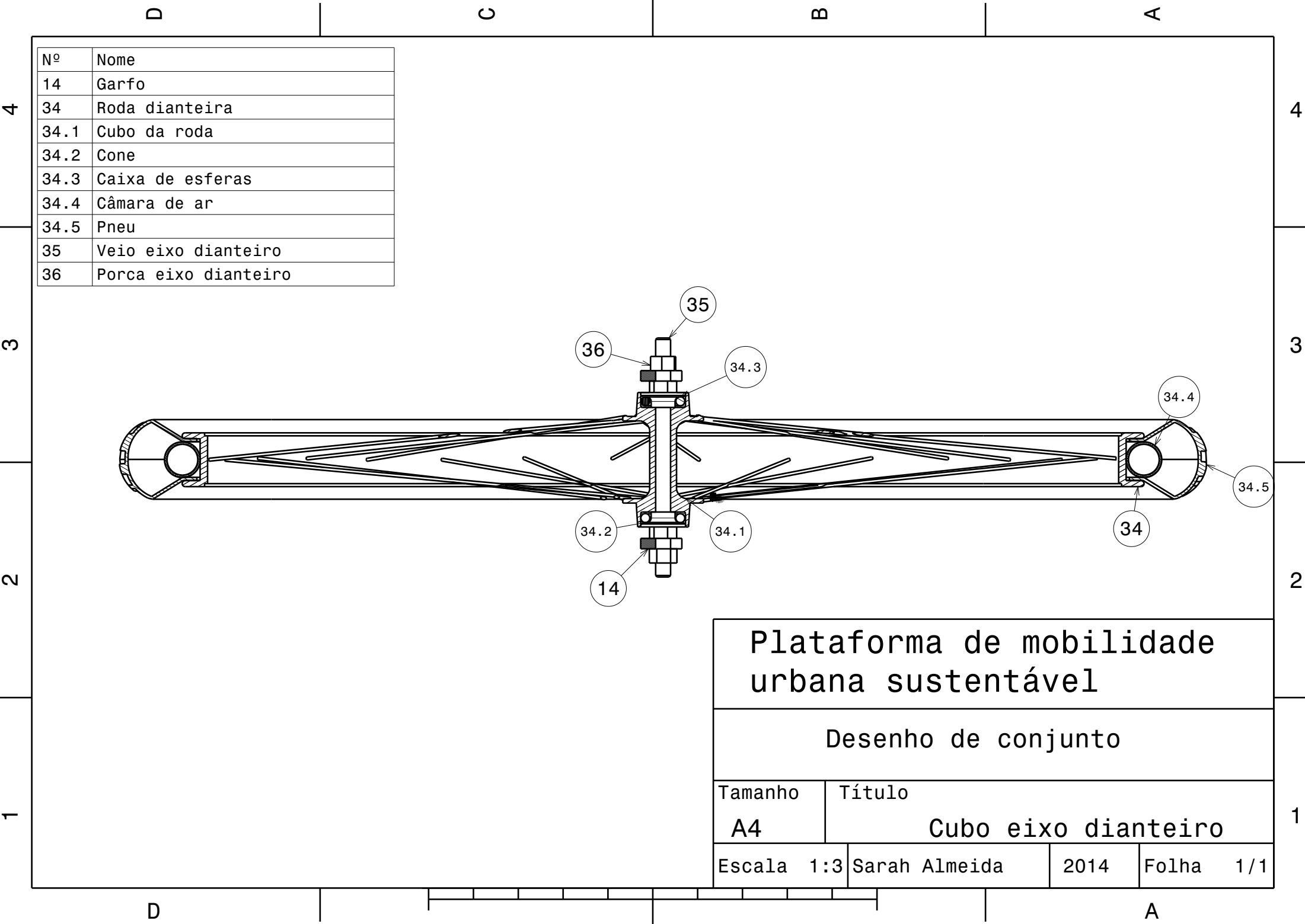
2014

Folha

1/1

D

A



Nº	Nome
14	Garfo
34	Roda dianteira
34.1	Cubo da roda
34.2	Cone
34.3	Caixa de esferas
34.4	Câmara de ar
34.5	Pneu
35	Veio eixo dianteiro
36	Porca eixo dianteiro

Plataforma de mobilidade urbana sustentável			
Desenho de conjunto			
Tamanho	Título		
A4	Cubo eixo dianteiro		
Escala	1:3	Sarah Almeida	2014
Folha		1/1	

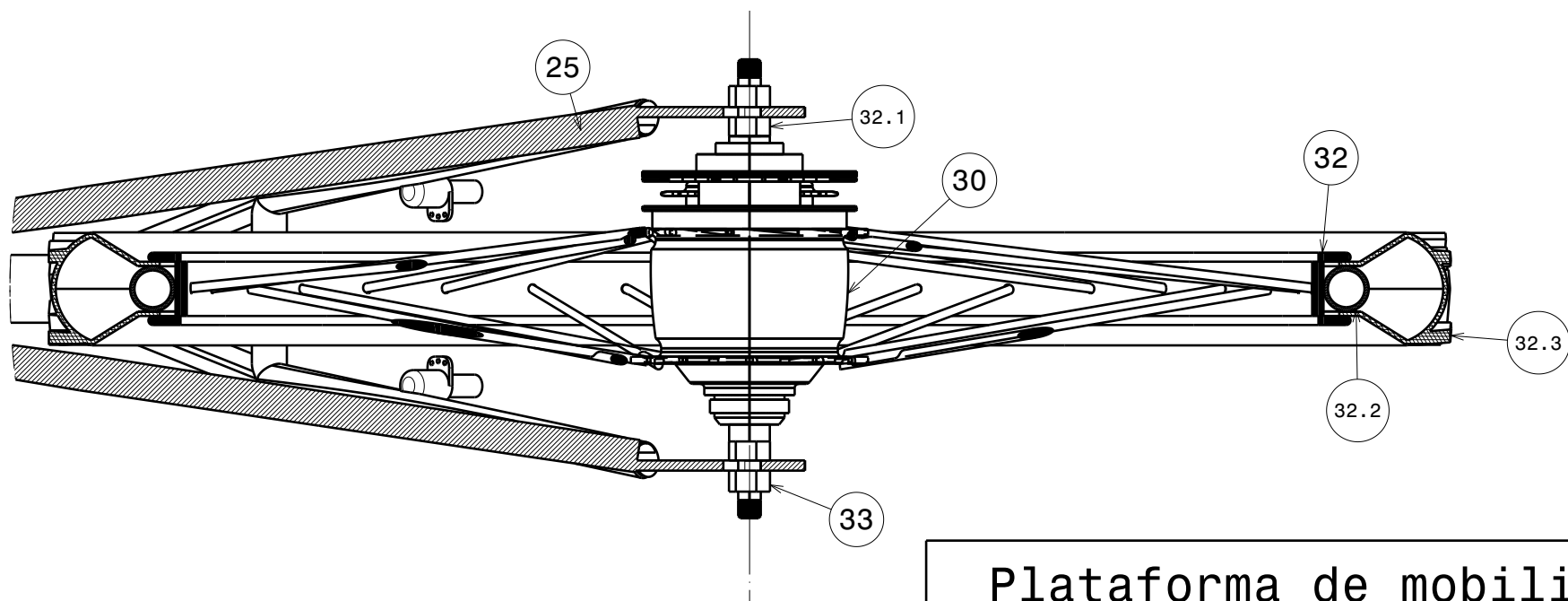
D

C

B

A

Nº	Nome
14	Garfo
25	Parte traseira do quadro
32	Roda traseira
32.1	Porca cubo de velocidades
32.2	Câmara de ar
32.3	Pneu
30	Cubo de 8 velocidades internas
33	Porca eixo traseiro



Plataforma de mobilidade urbana sustentável

Desenho de conjunto

Tamanho

A4

Título

Cubo do eixo traseiro

Escala 1:3

Sarah Almeida

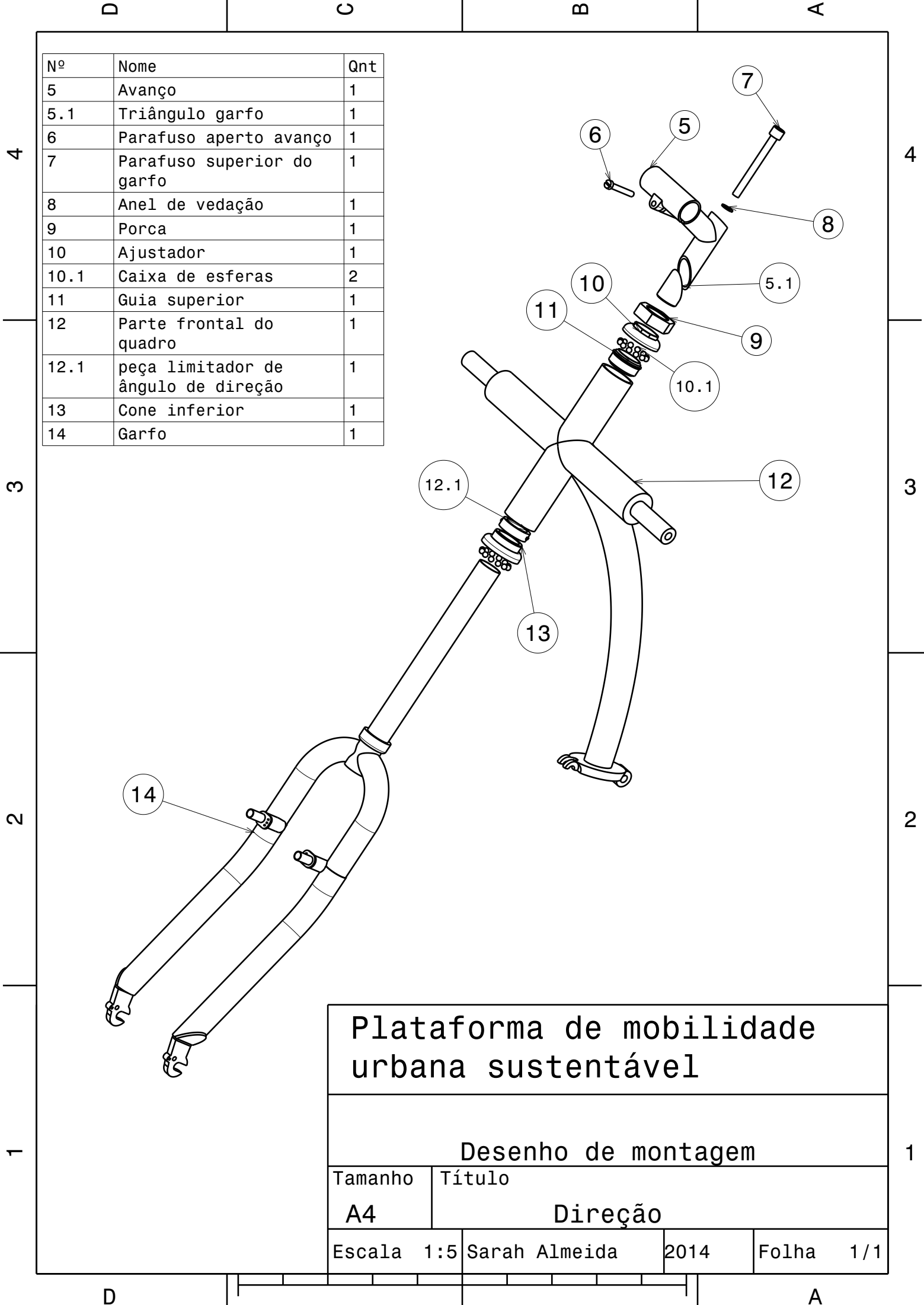
2014

Folha

1/1

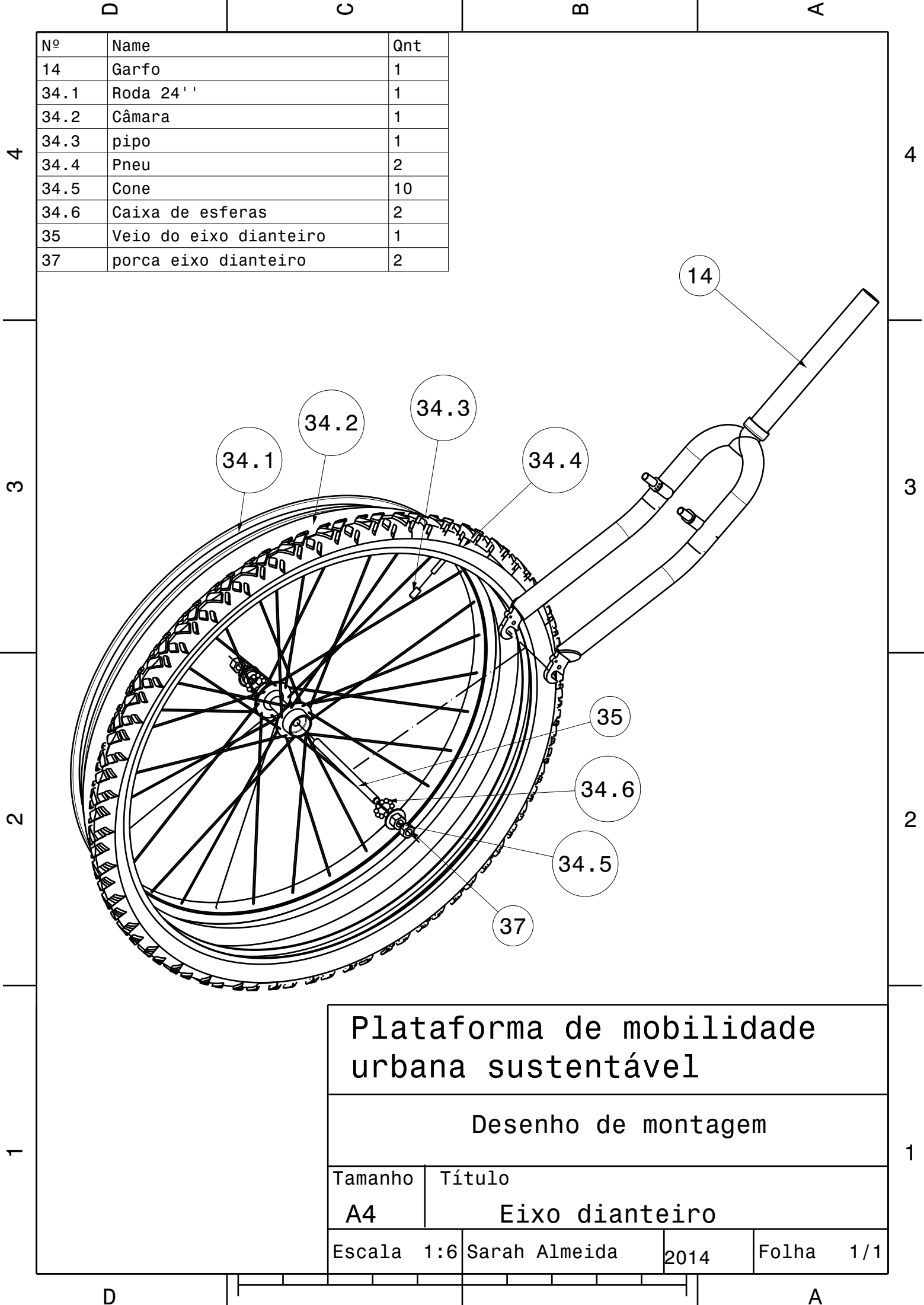
Anexo III

(Desenhos de Montagem)



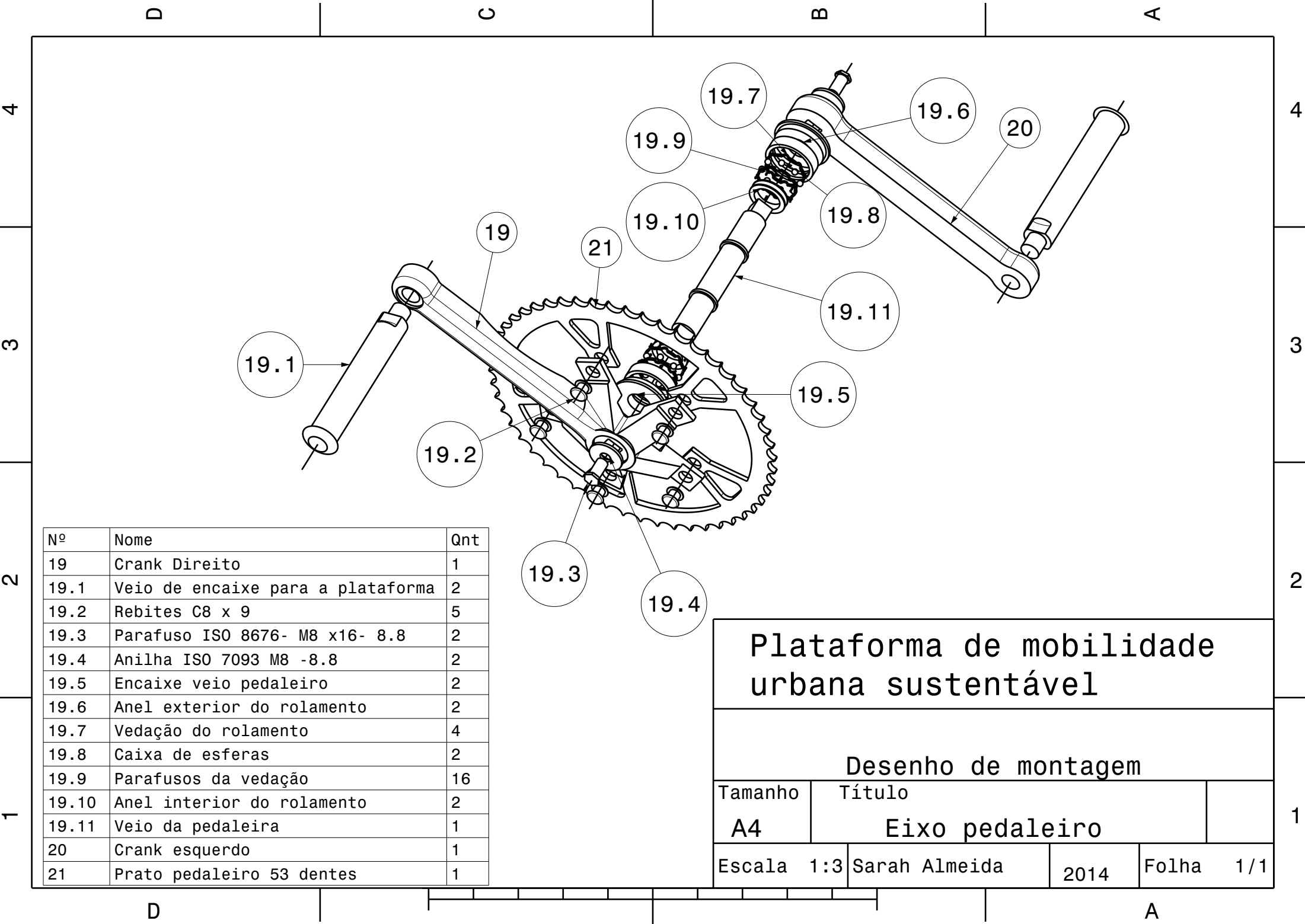
Nº	Nome	Qnt
5	Avanço	1
5.1	Triângulo garfo	1
6	Parafuso aperto avanço	1
7	Parafuso superior do garfo	1
8	Anel de vedação	1
9	Porca	1
10	Ajustador	1
10.1	Caixa de esferas	2
11	Guia superior	1
12	Parte frontal do quadro	1
12.1	peça limitador de ângulo de direção	1
13	Cone inferior	1
14	Garfo	1

Plataforma de mobilidade urbana sustentável			
Desenho de montagem			
Tamanho	Título		
A4	Direção		
Escala	1:5	Sarah Almeida	2014
Folha		1/1	



Nº	Name	Qty
14	Garfo	1
34.1	Roda 24''	1
34.2	Câmara	1
34.3	pipô	1
34.4	Pneu	2
34.5	Cone	10
34.6	Caixa de esferas	2
35	Veio do eixo dianteiro	1
37	porca eixo dianteiro	2

Plataforma de mobilidade urbana sustentável			
Desenho de montagem			
Tamanho	Título		
A4	Eixo dianteiro		
Escala	1:6	Sarah Almeida	2014
Folha		1/1	



Nº	Nome	Qnt
19	Crank Direito	1
19.1	Veio de encaixe para a plataforma	2
19.2	Rebites C8 x 9	5
19.3	Parafuso ISO 8676- M8 x16- 8.8	2
19.4	Anilha ISO 7093 M8 -8.8	2
19.5	Encaixe veio pedaleiro	2
19.6	Anel exterior do rolamento	2
19.7	Vedação do rolamento	4
19.8	Caixa de esferas	2
19.9	Parafusos da vedação	16
19.10	Anel interior do rolamento	2
19.11	Veio da pedaleira	1
20	Crank esquerdo	1
21	Prato pedaleiro 53 dentes	1

Plataforma de mobilidade urbana sustentável			
Desenho de montagem			
Tamanho	Título		
A4	Eixo pedaleiro		
Escala	1:3	Sarah Almeida	2014
Folha		1/1	

D

C

B

A

4

4

3

3

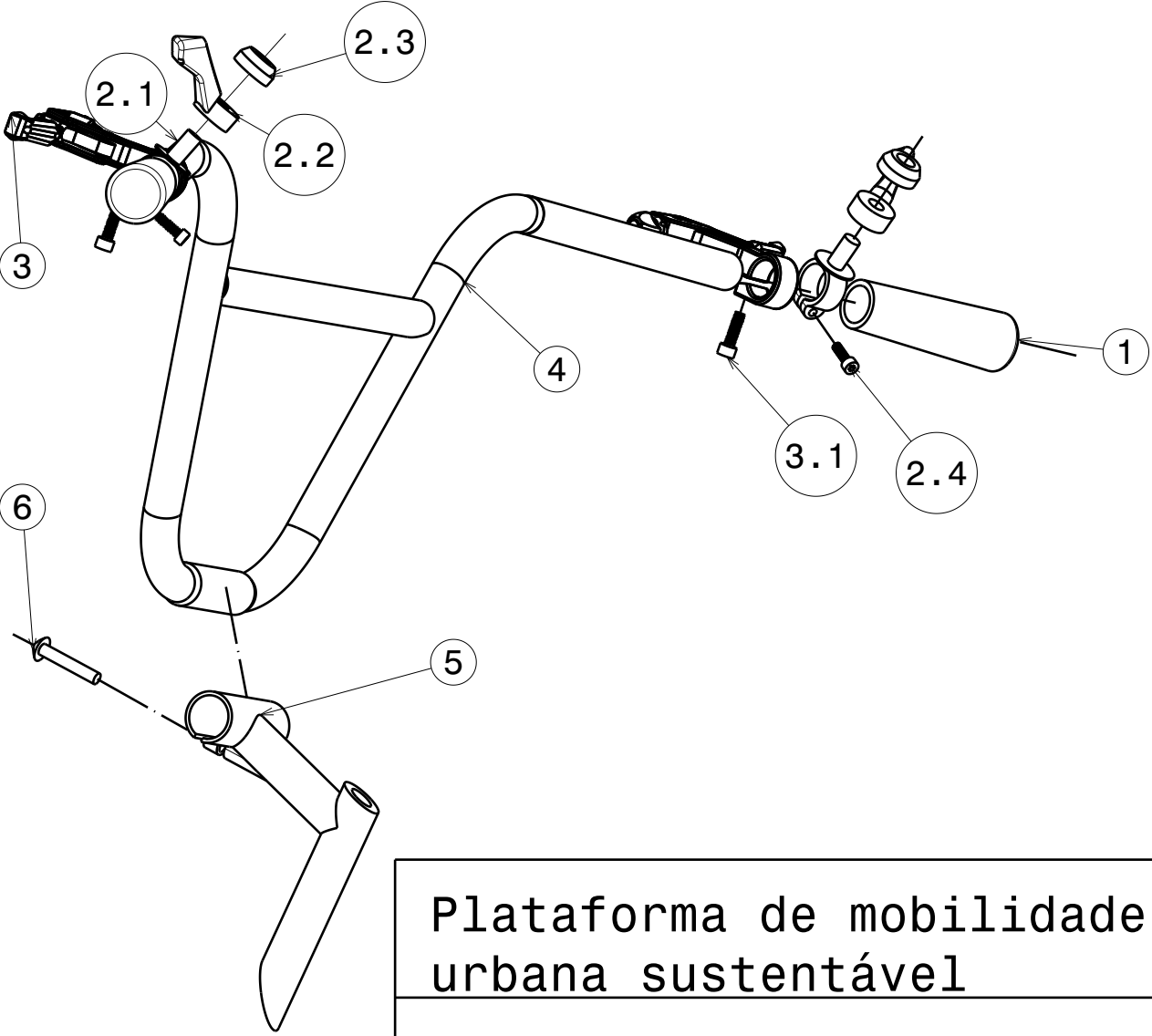
2

2

1

1

Nº	Nome	Qty
1	Punho	2
2.1	Peça de encaixe mudanças	2
2.2	Seletor	2
2.3	Tampa	2
2.4	Parafuso ISO 4762 CHC- M5 x16- 8.8	2
3	Travão	2
3.1	Parafuso ISO 4762 CHC -M6 x 20- 8.8	2
4	Guiador	1
5	Avanço	1
6	Parafuso de aperto avanço	1



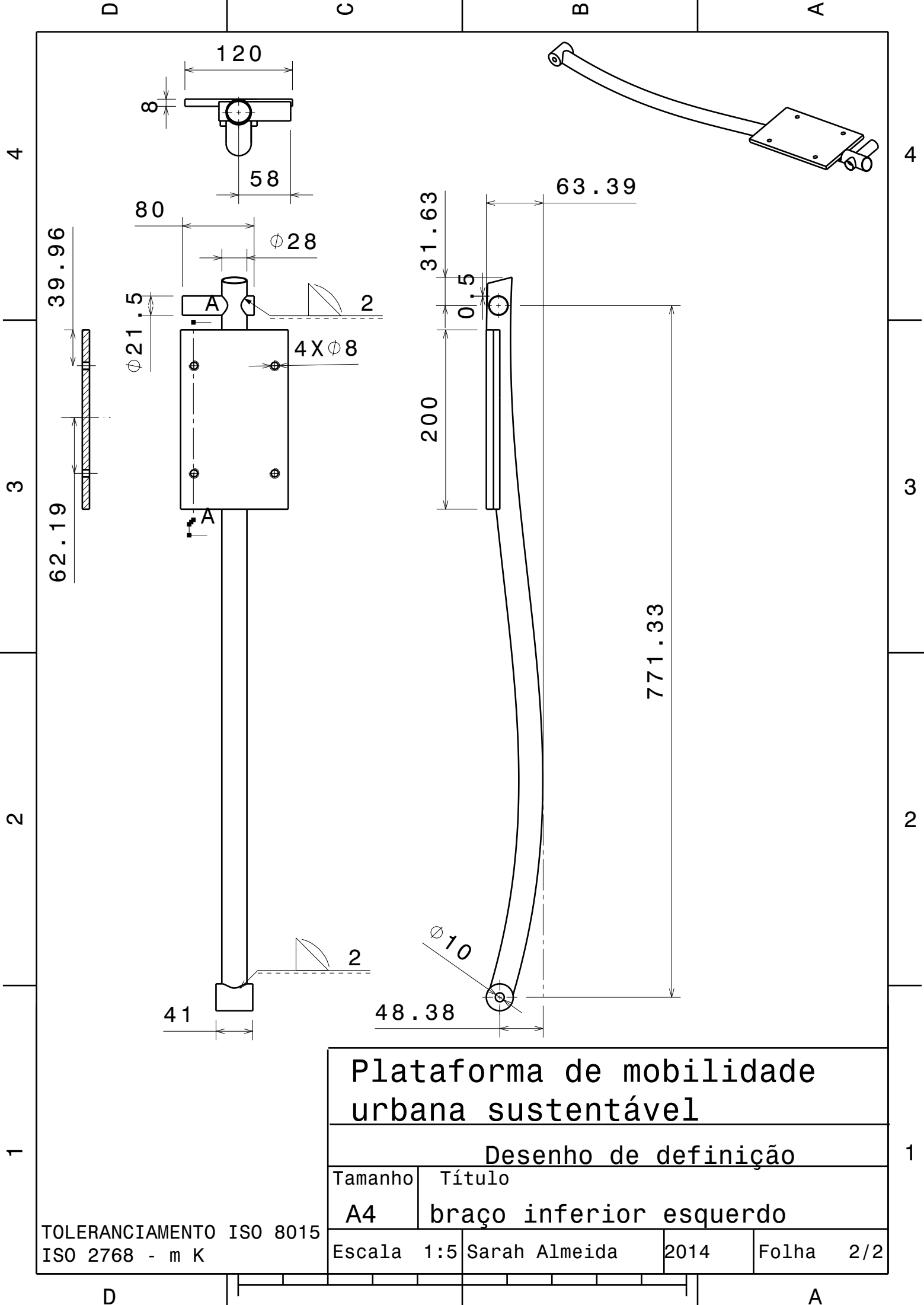
Plataforma de mobilidade urbana sustentável			
Desenho de montagem			
SIZE A4	Título Guiador		
Escala 1:4	Sarah ALmeida	2014	Folha 1/1

D

A

Anexo IV

(Desenhos de Definição)

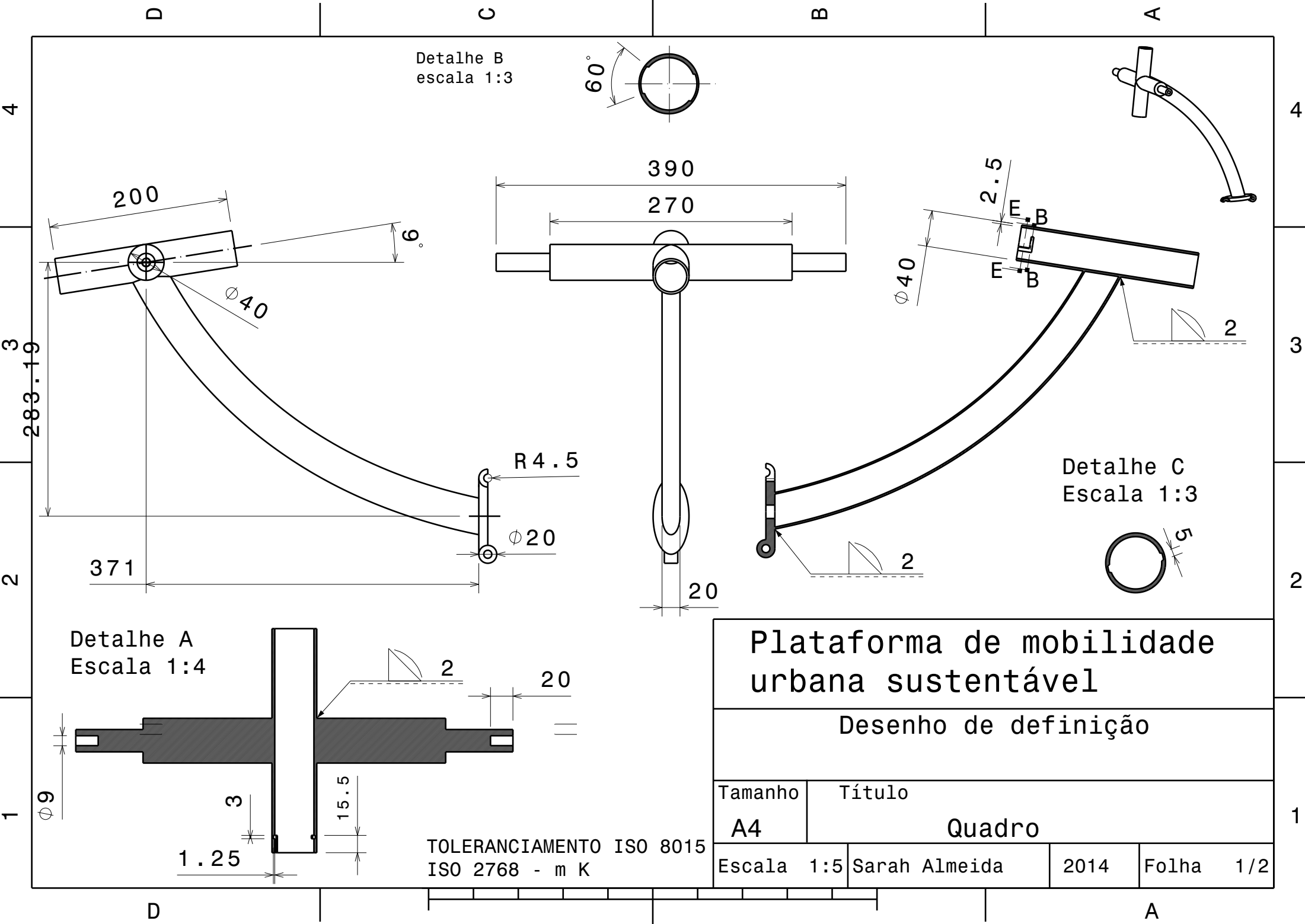


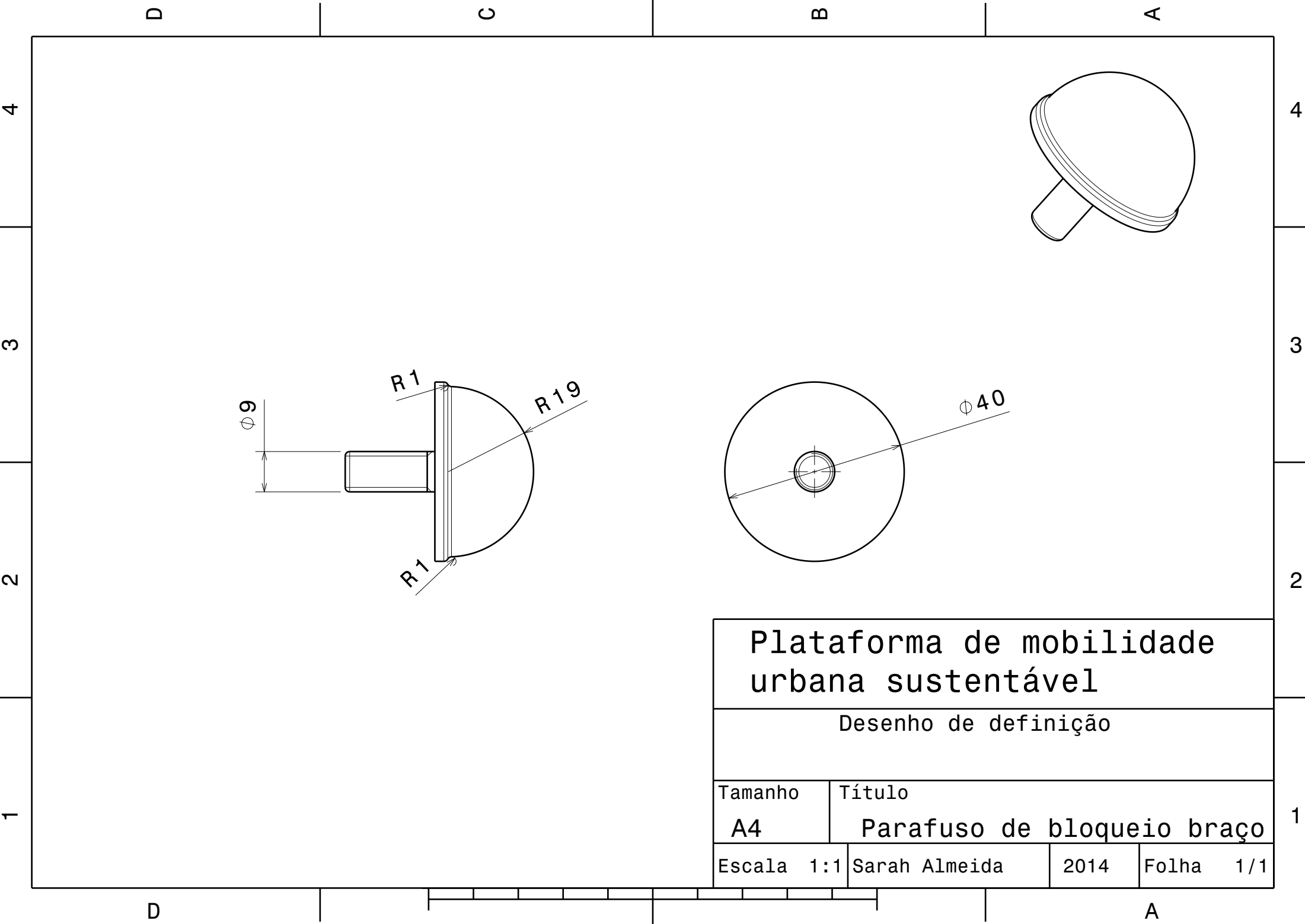
Plataforma de mobilidade urbana sustentável

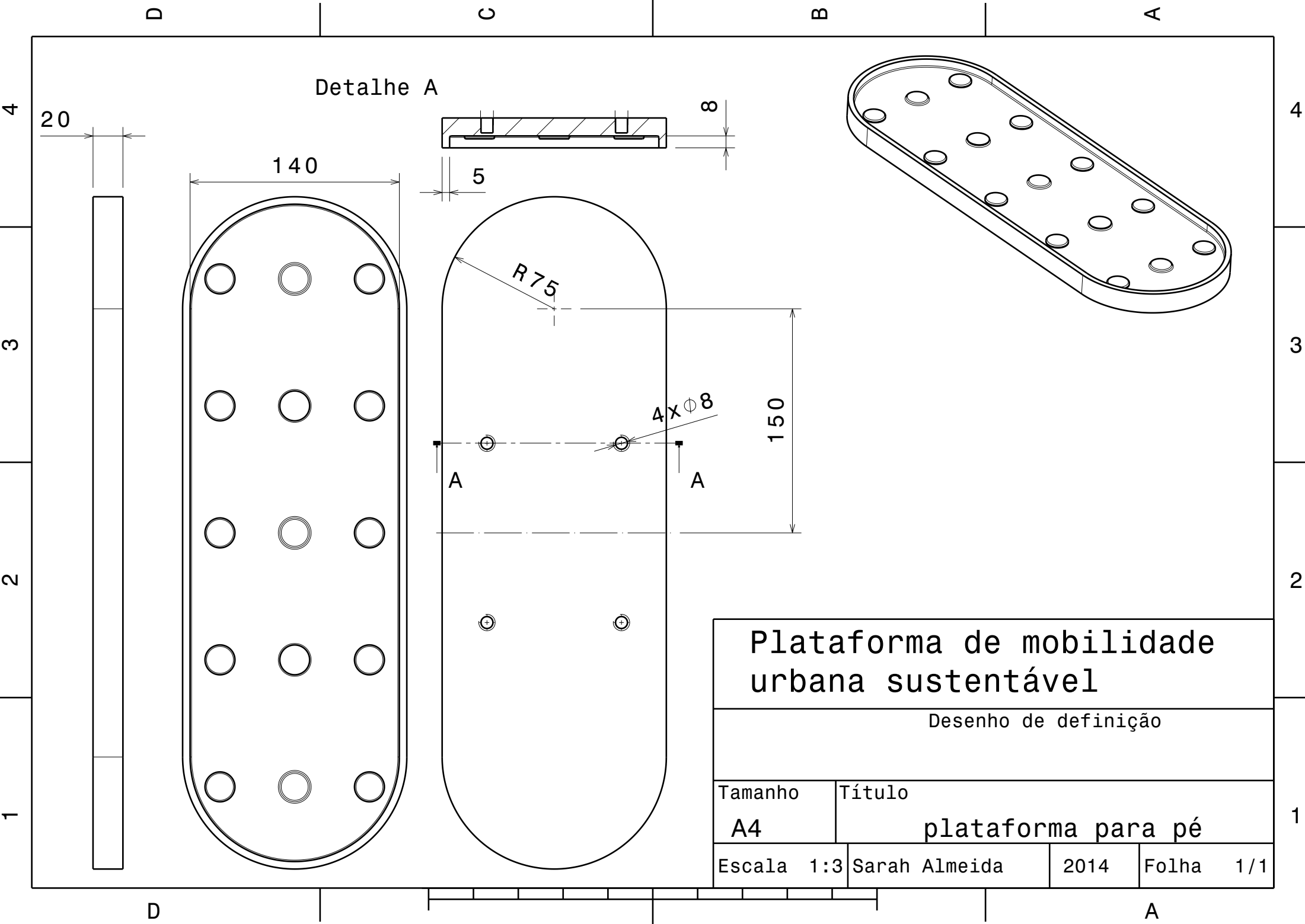
Desenho de definição

Tamanho	Título			
A4	braço inferior esquerdo			
Escala	1:5	Sarah Almeida	2014	Folha 2/2

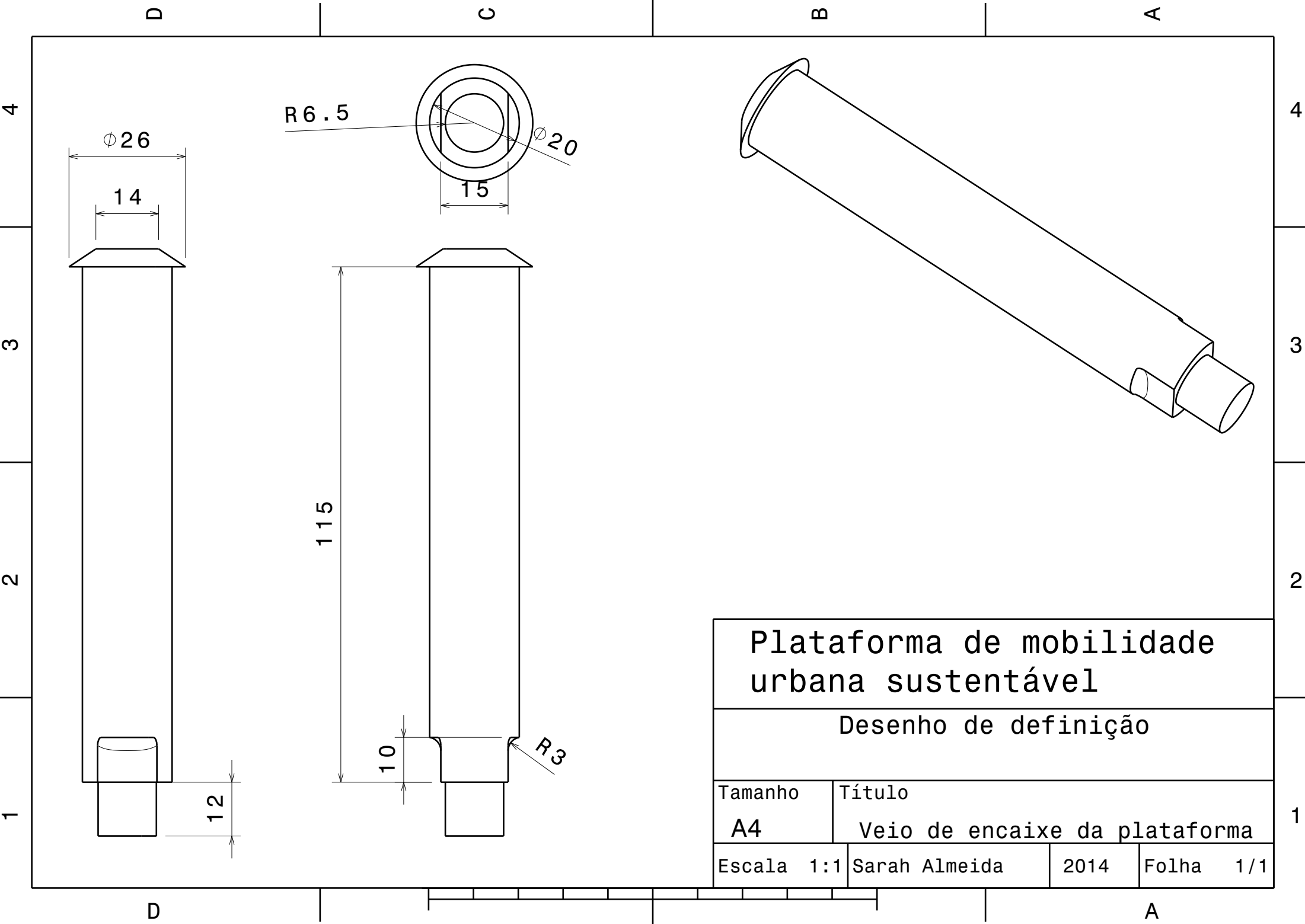
TOLERANCIAMENTO ISO 8015
ISO 2768 - m K







Plataforma de mobilidade urbana sustentável			
Desenho de definição			
Tamanho	Título		
A4	plataforma para pé		
Escala	1:3	Sarah Almeida	2014
Folha		1/1	



D

C

B

A

4

4

3

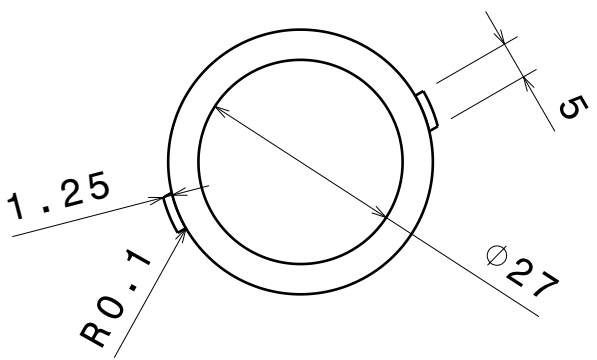
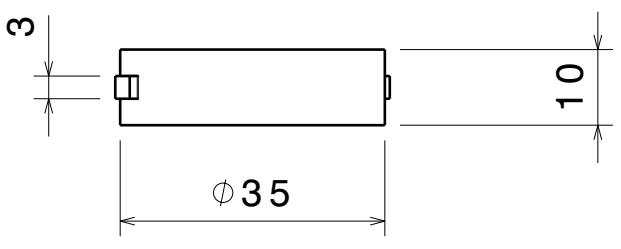
3

2

2

1

1



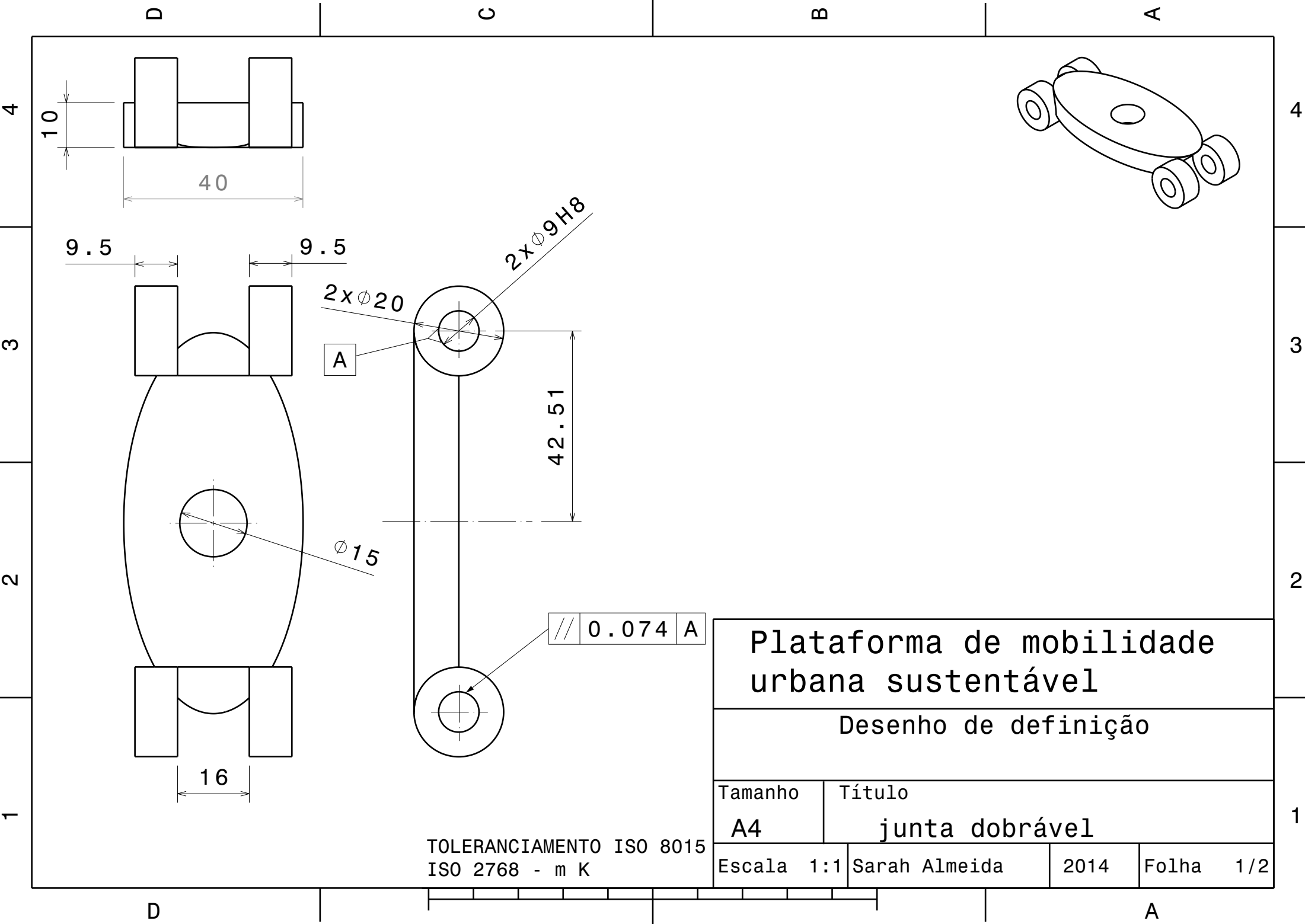
Plataforma de mobilidade urbana sustentável

Desenho de definição

Tamanho	Título			
A4	Peça limitadora do ângulo de direção			
Escala	1:1	Sarah Almeida	2014	Folha 1/1

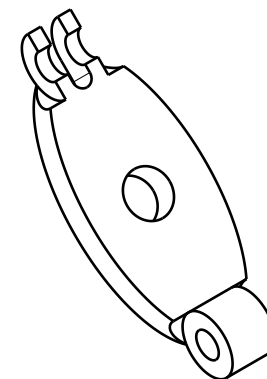
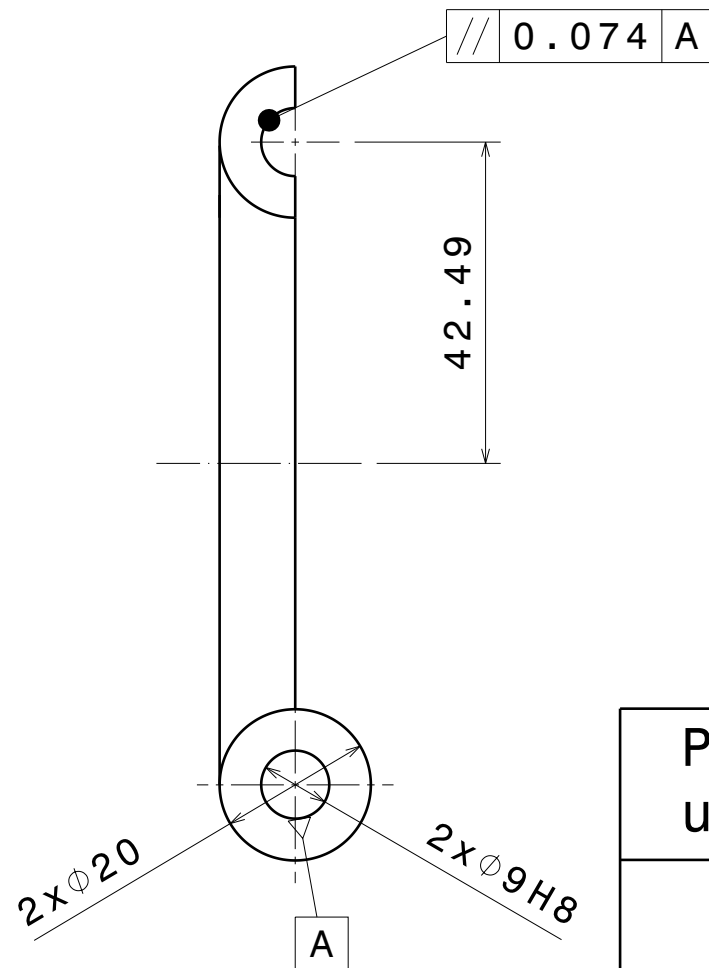
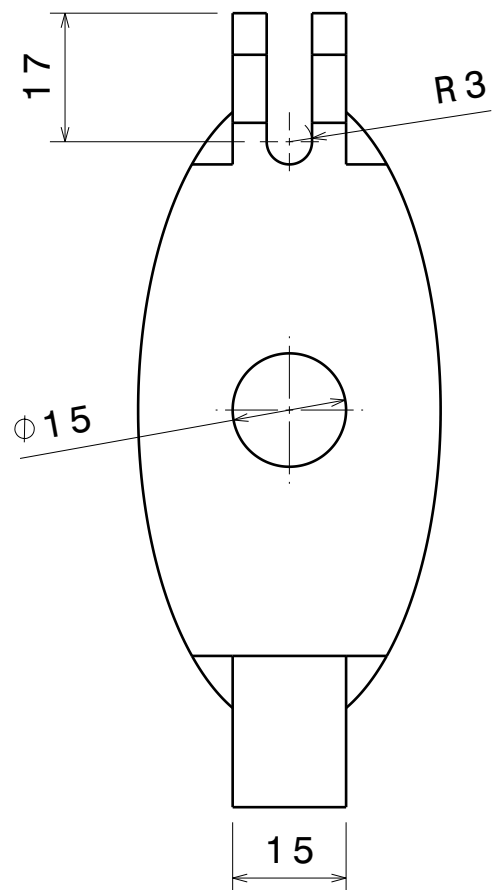
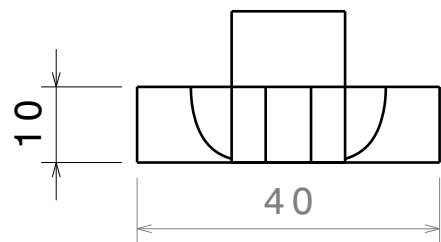
D

A



TOLERANCIAMENTO ISO 8015
ISO 2768 - m K

Plataforma de mobilidade urbana sustentável			
Desenho de definição			
Tamanho	Título		
A4	junta dobrável		
Escala	1:1	Sarah Almeida	2014
Folha	1/2		



Plataforma de mobilidade urbana sustentável

Desenho de definição

Tamanho

A4

Título

Junta dobrável

Escala 1:1

1:1 | Sarah Almeida

2014

Folha

2/2

TOLERANCIAMENTO ISO 8015
ISO 2768 - m K